

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE  
CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO PARA TECNOLOGIA DE GRUPO

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA

CARLOS ALBERTO COSTA

FLORIANÓPOLIS, OUTUBRO DE 1992

METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS DE  
CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO PARA TECNOLOGIA DE GRUPO

CARLOS ALBERTO COSTA

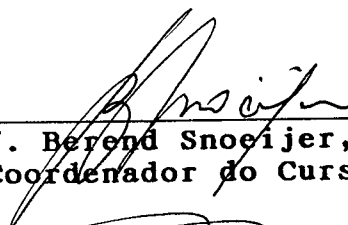
ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

MESTRE EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO FABRICAÇÃO,  
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA MECÂNICA.

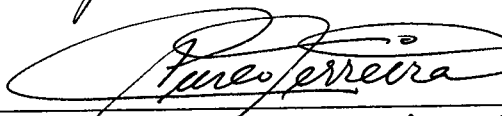


Prof. Aureo Campos Ferreira, Ph.D.  
Orientador

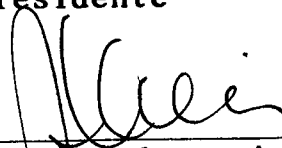


Prof. Berend Snoeijer, Dr. Ing.  
Coordenador do Curso

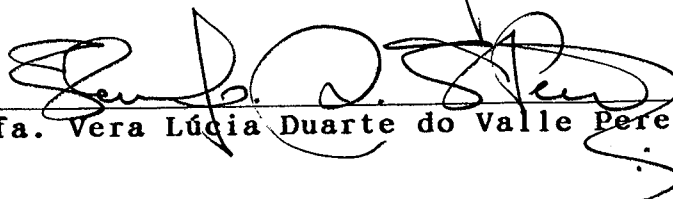
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Aureo Campos Ferreira, Ph.D.  
Presidente



Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.



Profa. Vera Lúcia Duarte do Valle Pereira, M.Sc.

A minha esposa Marilza e  
à minha filha Fernanda.  
A meus pais.

## AGRADECIMENTOS

- A todos, amigos, professores, funcionários, colegas de trabalho, acadêmicos, instituições financeiras, que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse realizar este trabalho da melhor forma possível.
- A minha esposa e filha que tiveram paciência e me apoiaram em todos os momentos deste trabalho.
- A minha família de uma forma geral.
- A Deus.

## ÍNDICE

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
GLOSSÁRIO .....	xii
 1- INTRODUÇÃO .....	 1
1.1- OBJETIVOS DO TRABALHO .....	7
1.2- PROBLEMÁTICA DA IMPLANTAÇÃO DA GT .....	8
 2- INTRODUÇÃO A TECNOLOGIA DE GRUPO .....	 14
2.1- HISTÓRICO DA TECNOLOGIA DE GRUPO .....	18
2.2- FAMÍLIAS DE PEÇAS E AGRUPAMENTO DE MÁQUINAS .....	21
2.3- TÉCNICAS DE FORMAÇÃO DE FAMÍLIAS DE PEÇAS .....	25
2.3.1- INSPEÇÃO VISUAL .....	25
2.3.2- ANÁLISE DO FLUXO DE PRODUÇÃO (AFF) .....	25
2.3.3- SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO (SCC). .....	30
 3- SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO .....	 35
3.1- OS SCC DENTRO DA TECNOLOGIA DE GRUPO .....	35
3.1.1- ESCOLHA DE UM SCC .....	41
3.1.2- A COMPUTAÇÃO NOS SCC .....	43
3.2- SCC EXISTENTES .....	45
3.2.1- OPITZ .....	46
3.2.2- CODE .....	48
3.2.3- DCLASS .....	50
3.2.4- MICLASS .....	52
3.2.5- KK .....	55
3.3- NOVAS TENDÊNCIAS .....	57

4- IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO ..	74
4.1- INTRODUÇÃO .....	74
4.2- ESTRATÉGIA DE IMPLANTAÇÃO .....	76
4.3- COMPRAR X FAZER .....	77
4.4- DEFINIÇÃO DAS ÁREAS .....	79
4.5- ETAPAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UM SCC DENTRO DA FILOSOFIA DE TECNOLOGIA DE GRUPO .....	80
4.5.1- LEVANTAMENTO INICIAL DE INFORMAÇÕES .....	81
4.5.2- OBJETIVOS E ÁREAS ESPECÍFICAS DO PROGRAMA DO SCC .....	82
4.5.3- SELEÇÃO E CONCIENTIZAÇÃO DAS PESSOAS ENVOLVIDAS .....	84
4.5.4- DEFINIÇÃO DA POPULAÇÃO DE PEÇAS .....	88
4.6- ESTRUTURA E CRIAÇÃO INICIAL DO CÓDIGO .....	90
4.7- ASPECTOS DO LEVANTAMENTO DE CARACTERÍSTICAS .....	95
4.8- TESTES INICIAIS .....	104
4.9- ASPECTOS COMPLEMENTARES PARA IMPLANTAÇÃO .....	107
4.9.1- MUDANÇAS PARALELAS (ORGANIZAÇÃO) .....	107
4.9.2- CONSCIETIZAÇÃO, MOTIVAÇÃO E TREINAMENTO .....	116
4.9.3- ASPECTOS COMPUTACIONAIS .....	123
5- UMA IMPLANTAÇÃO PRÁTICA EM UMA EMPRESA METAL-MECÂNICA ....	131
5.1- INTRODUÇÃO .....	131
5.2- CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA .....	131
5.2.1- ESTRUTURA BÁSICA .....	131
5.2.2- ORGANOGRAMA .....	132

5.3-	INÍCIO DO PROJETO .....	134
5.3.1-	APRESENTAÇÃO À EMPRESA .....	135
5.4-	LEVANTAMENTO DO FLUXO DE INFORMAÇÕES .....	136
5.5-	IMPLANTAÇÃO DO CAM .....	137
5.5.1-	PROBLEMAS NA IMPLANTAÇÃO DO CAM .....	138
5.6-	IMPLANTAÇÃO DO SCC .....	140
5.6.1-	CONSCIENTIZAÇÃO E FORMAÇÃO DA EQUIPE .....	140
5.6.2-	DEFINIÇÃO DA POPULAÇÃO DE PEÇAS E COLETA DE INFORMAÇÕES .....	143
5.6.3-	ESTRUTURA BÁSICA DO CÓDIGO .....	145
5.6.4-	FORMALIZAÇÃO DO CÓDIGO .....	152
5.7-	IMPLANTAÇÃO COMPUTACIONAL .....	153
5.7.1-	CONCEPÇÃO COMPUTACIONAL DO SCC .....	154
5.7.2-	SCC-GRUCON .....	156
5.7.3-	EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DO SISTEMA .....	157
5.7.4-	METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO COMPUTACIONAL .....	170
5.8-	DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO SCC .....	171
5.9-	ORGANIZAÇÕES PARALELAS / MOTIVAÇÃO .....	174
5.10-	FINAL DO PROJETO .....	178
6-	CONCLUSÃO .....	179
6.1-	SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO .....	182
7-	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	184
8-	ANEXO 1 - DESCRIÇÃO DE UMA RAMIFICAÇÃO DO CÓDIGO SCC-GRUCON	

## RESUMO

Com o objetivo de melhor atender um mercado consumidor cada vez mais exigente e em expansão, as indústrias modernas tem buscado o aperfeiçoamento de sua qualidade e produtividade, com flexibilidade.

Para isto, a produção em massa, tão utilizada durante este século, vem sendo trocada gradualmente pela produção de pequenos e médios lotes. Contudo, mudanças consideráveis, nos sistemas produtivos de manufatura, são necessárias para que tais modificações possam ocorrer de forma menos traumática possível visando aliar-se a alta produtividade dos sistemas de produção em massa, com a elevada flexibilidade dos sistemas de produção por lotes.

Para conciliar tais características, têm surgido tecnologias que objetivam a integração da fábrica, tanto física quanto humana, podendo-se destacar dentre elas, o CIM (Computer Integrated Manufacturing - Fabricação Integrada por Computador), por envolver talvez o maior número de setores de todo o processo produtivo. Entretanto para se chegar ao CIM, uma série de outras tecnologias e/ou filosofias devem ser previamente conhecidas e totalmente dominadas.

A Tecnologia de Grupo (GT), é uma destas, destacando-se pela sua forte repercussão dentro de uma empresa, tanto a nível administrativo, quanto no chão de fábrica. Esta, possibilita uma série de avanços no sistema produtivo, proporcionando, entre outros benefícios, elevação considerável nos índices de produtividade, menores custos e uma maior padronização.



É importante ressaltar ainda, que vários aspectos, não só de natureza técnica, mas também humana e econômica, devem ser considerados quando de sua implantação, principalmente quando envolver o desenvolvimento de outros recursos como, por exemplo, Sistemas de Classificação e Codificação.

Neste sentido, diversos aspectos envolvidos na implantação de um SCC são expostos, enfocando-se, desde temas técnicos, de ordem operacional e prática, até considerações a respeito das dificuldades e cuidados para não esbarrar nos problemas de relacionamento humano que, via de regra, são relegados a um plano secundário quando não, completamente esquecidos.

## ABSTRACT

In order to give full satisfaction to a consumer market that is becoming larger and more demanding, the modern industries are looking for an improvement in quality and productivity, within flexibility.

The mass production, intensively used in this century, is being gradually replaced by small and medium size batches. However, strong changes in the manufacturing systems are needed in order to conciliate the high productivity of mass production systems with the need of higher flexibility in batch production.

In order to join these characteristics, some new technologies have been created, aiming physical and human factory integration, all of them under the broad umbrella of CIM (Computer Integrated Manufacturing) that gathers, perhaps, the largest number of areas in the whole productive process. However, to reach a full integration in CIM a number of other technologies and/or philosophies must be previously known and totally dominated.

Group Technology (GT), one of them, when applied, causes an important impact in both, management and production levels, leading to high productivity and costs reduction, forcing standardisation. It is important to emphasize that, not only technical but also human and economic aspects, must be considered during the implementation of GT, specially when the development of other tools are involved, like Classification and Coding Systems (CCS), for instance.

In this way, several aspects involved in CCS's implementantion, are discussed, focusing themes, that go from practical and operacional aspects, up to considerations about difficulties and cautions to avoid problems with humam relationship, usually considered of secondary importance or even completely irrelevant.

## GLOSSÁRIO DE SIGLAS UTILIZADAS NO TEXTO

SIGLA	INGLÊS	PORTUGUÊS
CAD	Computer Aided Design	Projeto Auxiliado por Computador
CAE	Computer Aided Engineering	Engenharia Auxiliada por Computador
CAM	Computer Aided Manufacturing	Fabricação Auxiliada por Computador
CAP	Computer Aided Production	Produção Auxiliada por Computador
CAPP	Computer Aided Process Planning	Planejamento do Processo Auxiliado por Computador
CAT	Computer Aided Testing	Inspeção Auxiliada por Computador
CAQ	Computer Aided Quality	Qualidade Auxiliada por Computador
CIM	Computer Integrated Manufacturing	Fabricação Integrada por Computador
GT	Group Technology	Tecnologia de Grupo
MRP	Material Requirement Planning	Planejamento de Necessidades de Materiais

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Com o considerável avanço tecnológico ocorrido em consequência da revolução industrial, uma grande quantidade de pesquisa e desenvolvimento voltou-se para a otimização da produção em massa [62]. Neste tipo de produção, tem-se como principais características o grande número de componentes de mesmo tamanho e configuração e a alta produtividade, que é alcançada com o extensivo uso da automatização, máquinas especiais e métodos de produção em linha. Estas características exigem, por sua vez, alto investimento de capital e uma inerente inflexibilidade em sua operação [2]. Associado a este tipo de produção, existia ainda uma grande utilização das idéias originais de Frederic Taylor sobre "gestão científica", tais como divisão do trabalho, especialização, estipulação de tempos padrões para conclusão de atividades, entre outras [15].

Entretanto, com o passar dos anos, teve início um processo mais acentuado de competição entre as indústrias, provocado por um mercado consumidor cada vez mais exigente, obrigando os fabricantes a assumirem responsabilidades cada vez mais pesadas [15]. Isto levou a alterações profundas das formas de produção, desde o ciclo de vida e qualidade do produto, até a forma de trabalho dos operários envolvidos. Dentre alguns dos motivos responsáveis pelo aumento desta demanda de produtos personalizados, pode-se citar [15,22]:

- aumento de procura de produtos com opções e características diferentes, por parte dos clientes;

- maior interesse em produtos de maior durabilidade e qualidade em diferentes condições;
- os altos custos de produção, tem feito as empresas buscarem soluções específicas para problemas particulares;
- expansão das faixas de materiais disponíveis, necessitando variações nos produtos;
- regulamentações e normas do governo, que exigem modificações no produtos.

Desta forma, a produção em massa tem sido trocada gradativamente pela produção de pequenos e médios lotes. Atualmente, estima-se que pelo menos 75% de toda produção mundial seja baseada em pequenos e médios lotes [60,28,49]. Entretanto, os meios ou sistemas de fabricação não acompanharam estas modificações e otimizações, percebendo-se uma perda bastante grande da produtividade. Devido a certas distribuições de "lay-out", bem como a estruturas organizacionais inadequadas, muitas empresas chegam a ter a parte mais significativa do seu tempo total de produção (até 95%) gastos improdutivamente, somados ainda aos tempos gastos para preparação de máquinas, ferramentas, dispositivos, etc. (figura 1.1) [2,15,49,60].

Este quadro, tem feito as indústrias reconhecerem a necessidade de buscar e investir, de forma crescente, em novas tecnologias, principalmente nas últimas décadas. Também com o avanço tecnológico do computador, estes desenvolvimentos foram, de certa forma, mais encorajados e facilitados.

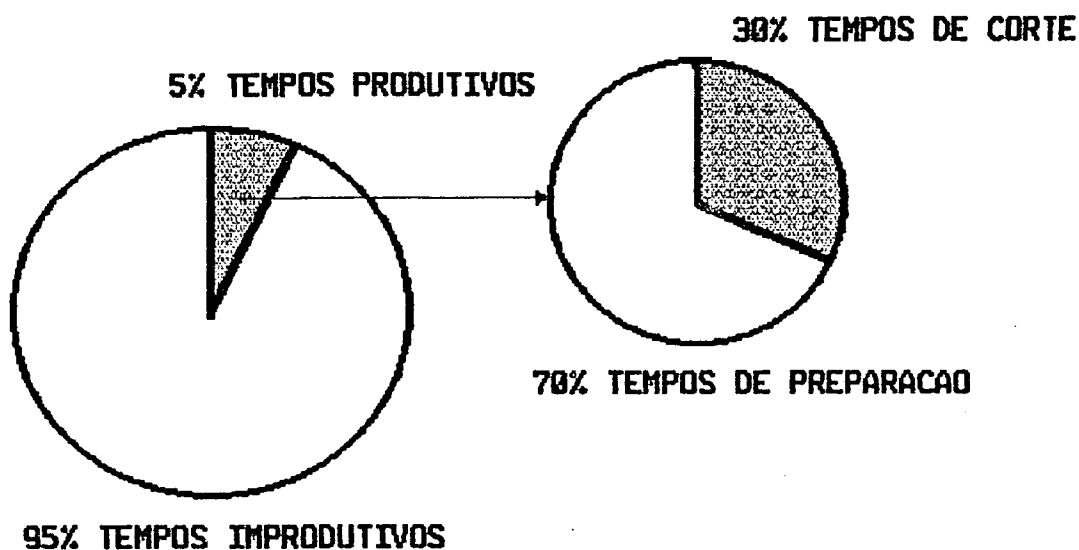


FIGURA 1.1 - Aproveitamento dos tempos de produção

Atualmente, a troca de informações em uma empresa é muito rápida e, dependendo da forma como tais informações são processadas, poderá garantir ou não o sucesso do lançamento antecipado de um novo produto no mercado consumidor. Isto pode ser, em alguns casos, uma questão de sobrevivência para uma empresa. Neste sentido é que aparece, como um dos maiores objetivos dos sistemas modernos de fabricação, a otimização (minimização) do tempo decorrente entre o projeto e a comercialização de um produto. Como resultado disto, uma filosofia que vem ganhando cada vez mais crédito e popularidade no meio industrial, é o CIM (Computer Integrated Manufacturing). Como o próprio nome diz, o CIM é um conceito de integração em todos os níveis de uma empresa, tanto de pessoal como de sistemas de informações, compartilhando todos de dados comuns (figuras 1.2(a) e 1.2(b)) [46,70,78].

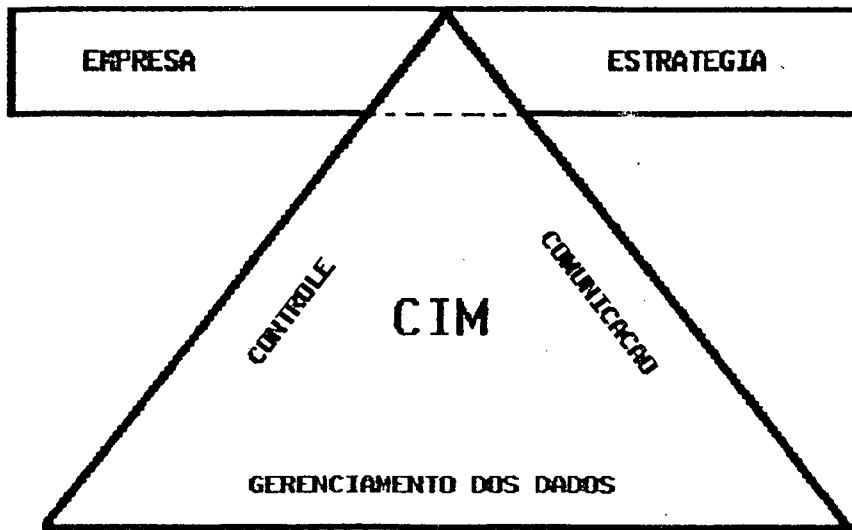


FIGURA 1.2 (a) - CIM (Fabricação Integrada por Computador) [47]

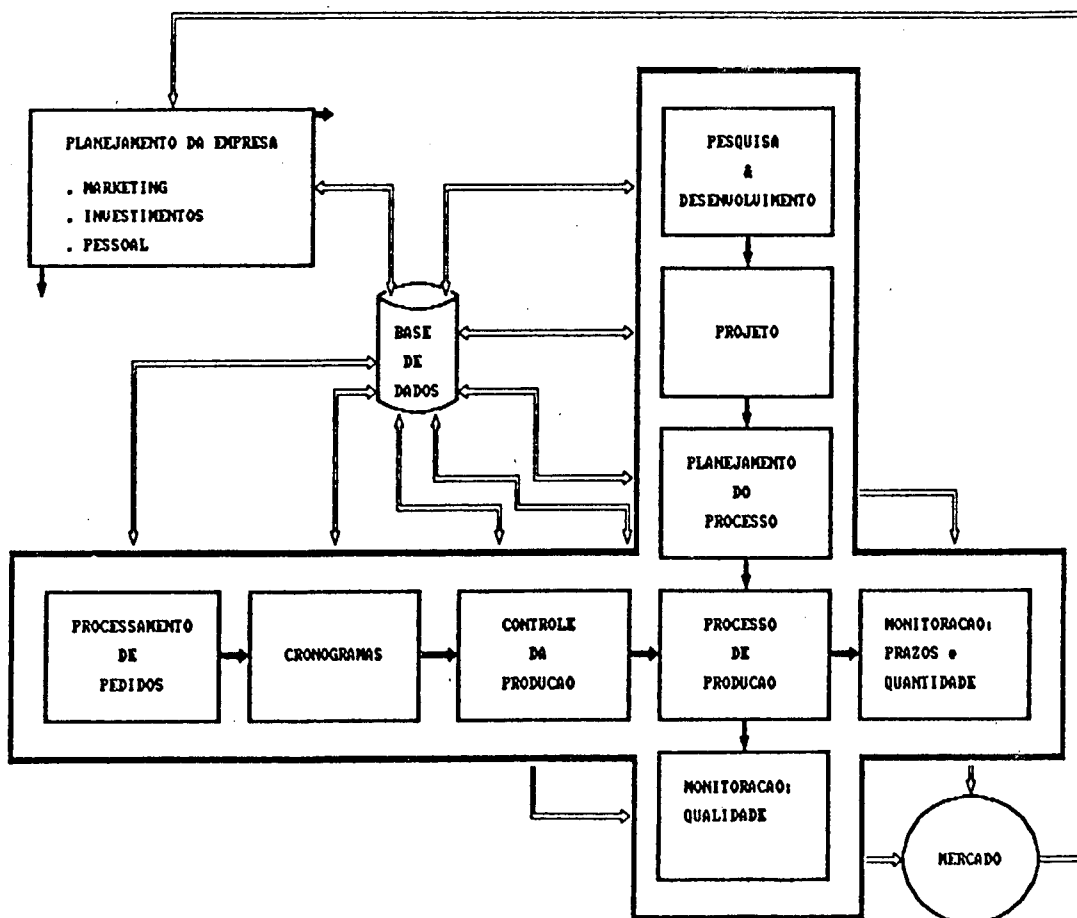


FIGURA 1.2 (b) - Troca de informações pelo CIM [47]



Entretanto, para se atingir o CIM, além de uma revisão e racionalização dos procedimentos usuais da empresa, uma série de tecnologias devem ser dominadas primeiramente. Uma destas tecnologias que, em particular, poderia também ser tratada como uma filosofia e que normalmente tem sido citada como um eficiente método que contribui para a otimização da produção e integração das informações dentro de uma empresa, é a Tecnologia de Grupo (GT).

A GT é uma filosofia de fabricação que agrupa as peças em famílias, com base em suas similaridades, tentando assim obter as vantagens da produção em massa aplicadas à produção em lotes [1,2,3,10,15,70]. Dentro do CIM, em conjunto com outras tecnologias como CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing), CAPP (Computer Aided Process Planning), CAP (Computer Aided Production), MRP (Material Requirements Planning) e outras, os objetivos maiores são a otimização das áreas de projeto, planejamento do processo e fabricação.

Assim, dentro dos objetivos de alcançar uma alta produtividade, muitas indústrias, que têm-se caracterizado cada vez mais na produção de lotes e até em série, têm se tornado mais e mais interessadas na implantação da Tecnologia de Grupo como solução para atender parte de suas necessidades. Muitas das implantações da GT tem se limitado a formação de Células de Fabricação, o que já propicia bons resultados. Contudo, recentemente, mais companhias estão interessadas na aplicação do conceito da GT, pelo menos como parte do sistema produtivo total ao longo do fluxo da empresa, desde o projeto até a fabricação.

Conforme uma pesquisa feita em 1973 pela Japan Society for the Promotion of Machine Industry [54] entre 23 empresas, já constatava-se que:

- 14 (60%) empresas utilizavam e eram favoráveis a GT;
- 5 (21%) empresas planejavam a GT para o futuro;
- 4 (19%) empresas não utilizavam a GT.

Entretanto, assim como a grande maioria das tecnologias que envolvem o CIM, a GT apresenta suas particularidades e uma série de aspectos que devem ser considerados quando da opção pela sua implantação, uma vez que esta pode envolver profundas mudanças, desde os mais altos escalões até o mais simples funcionários. Por esta razão, as experiências relatadas na literatura possuem os mais variados resultados, criando assim certos temores e insegurança por parte de quem quer iniciar um programa desta natureza.

Particularmente em relação a implantação de um Sistema de Classificação e Codificação (SCC), uma das técnicas para se empregar a GT, devido a suas interpretações administrativas e de integração, os problemas tornam-se mais evidentes, exigindo de quem pretende adotar um programa desta natureza, um esforço muito grande de conscientização.

Sendo assim, este trabalho tentará, de certa forma, explorar um pouco mais alguns destes aspectos a serem considerados durante a implantação da GT, mais especificamente os SCC.

## 1.1 - OBJETIVOS DO TRABALHO

Entre os objetivos deste trabalho, pretende-se inicialmente, apresentar uma revisão sobre os fundamentos e conceitos básicos da filosofia de GT, voltados principalmente para desenvolvimento e implantação dos SCC. Sendo assim, pretende-se:

Fornecer um material prático e objetivo para quem deseja iniciar a introdução da GT em uma empresa, podendo reduzir consideravelmente a pesquisa bibliográfica;

Destacar alguns dos aspectos normalmente envolvidos na implantação de um SCC, procurando buscar, dentro do possível, uma metodologia para tais implantações;

Mostrar a importância de pontos como treinamento, motivação e conscientização, para a implantação de tecnologias desta natureza, bem como, ressaltar alguns cuidados a serem observados, quando da utilização do computador sem um planejamento;

Enfatizar, por último, através de um paralelo com uma implantação prática, a necessidade de se considerar a implantação de tal filosofia, como parte de um amplo programa estratégico da empresa. Reforçar também, confirmando e complementando, alguns conceitos apresentados pela bibliografia.

## 1.2 - PROBLEMATICA DA IMPLANTAÇÃO

A implantação de novas tecnologias, que propiciem uma maior produtividade e qualidade, é fruto de aspirações de muitas empresas. Técnicas de CAD, CAM, GT, CAP, MRP, JIT, Kanban e outras, tem sido implantadas com resultados que variam de bem sucedidos até frustrantes (nem sempre divulgados). As razões tem sido apontadas como as mais diversas, indo desde a escolha imprópria do sistema até à dificuldade de adaptação e aceitação dos usuários.

Como na implantação de outras tecnologias, como abordado acima, que requerem mudanças consideráveis em métodos e procedimentos antigos de uma empresa, a decisão sobre implantar ou não a GT não pode ser tomada antes de uma análise, tão detalhada quanto possível, do maior número de elementos que tal implantação envolve [19]. Somado a isto, além de um prazo relativamente longo para que sejam obtidos resultados mais significativos, esta técnica exige profundas modificações a nível de organização, exigindo assim, das empresas que se propõe a usá-la, paciência e um intenso trabalho de conscientização.

A implantação de um programa de GT, principalmente quando envolver a criação de células de fabricação e de SCC, um dos temas importantes a ser focado neste trabalho, dependendo do caso, pode levar 2 ou mais anos [1,19,28,29,36]. Isto tem sido descrito na literatura e comprovado através de experiências práticas. No Brasil, isto pode ser constatado através de experiências relatadas por algumas empresas (Equipamentos Clark Ltda [17,77], Massey Perkins S.A. [39] e Freios Vargas[53]).

Normalmente, os problemas ocorridos na implantação da GT surgem por falta de um maior conhecimento nos aspectos técnicos, humanos e econômicos, e dos reais benefícios que podem ser obtidos com a aplicação desta tecnologia, seja de parte da alta direção da empresa, seja pelos usuários diretos.

Uma pesquisa feita entre 20 empresas que estavam implantando GT nos EUA, mostrou que os principais problemas encontrados dividem-se em 4 categorias [19,42]:

- mudanças na organização e resistências humanas;
- classificação e codificação das peças, custos e criação;
- planejamento e execução da concepção da célula de fabricação;
- dificuldades para justificar o retorno do investimento.

Entre alguns tipos específicos de resistências, pode-se citar [19]:

- projetistas e planejadores sentem-se ameaçados quando sua produtividade é medida por número de desenhos criados;
- na fabricação, os problemas ocorrem quando mudam as regras para os operadores e os supervisores tem que supervisionar áreas novas por eles desconhecidas. Com a criação de células e estações de trabalho os operadores devem ser capazes de operar mais que uma máquina. Isto os obriga a modificar seu perfil de trabalho, provocando resistências;
- programadores e planejadores de produção são também afetados pelo "lay-out" celular. Uma vez estabelecida a célula, a programação deve seguir as regras de famílias de peças, contudo, algumas vezes, planejadores programam as peças para as máquinas que julgam mais eficientes, implicando na quebra da regra;

- um dos problemas mais comuns das companhias, com relação a GT, está nos Sistemas de Classificação e Codificação (SCC). Nem sempre se consegue obter um sistema que atenda as necessidades da empresa, a nível de características ou produtos. Aproximadamente 60% das companhias que desenvolvem seus sistemas externamente, tem feito modificações para adaptá-los;
- um outro problema gerado é da integração da forma de balanceamento da GT, com sistemas de programação como MRP. O MRP prevê a programação individual de peças e conjuntos, enquanto as células prevêm a fabricação por famílias de peças;
- finalmente, deve ser observado que quando da implantação de células, nem todas as peças podem ser alocadas em famílias e, conseqüentemente, nem todas as máquinas distribuídas em células, podendo acontecer ociosidades.

Por outro lado, de acordo com uma comparação feita [26], a maioria absoluta dos usuários de GT colhem benefícios iguais ou acima de suas expectativas.

Somado a isto, em relação ao binômio custo/benefício nas 20 companhias citadas anteriormente, a GT mereceu o crédito de:

- reduzir gastos com ferramentas e dispositivos;
- reduzir custos de manuseio de materiais;
- reduzir esforços no planejamento e controle de produção;
- reduzir espaço físico;
- reduzir tempos de passagens;
- reduzir estoques em processo;

- melhorar a qualidade;
- melhorar a satisfação dos trabalhadores;
- reduzir parte das atividades que envolvem o projeto;
- facilitar recuperação de projetos, processos e outros dados;
- facilitar a estimativa de custos.

Especificamente, no caso da justificativa de retorno de investimentos, normalmente os benefícios da GT são colocados em termos genéricos como uma certa redução percentual no tempo de produção ou trabalho em curso. Apesar destes fatores afetarem os custos de produção é difícil determinar o seu impacto específico em termos de retorno. Segundo uma pesquisa americana [19], poucos empresários adotam a GT, devido a falta de clareza mostrada no quadro custo-benefício. Os custos não são entendidos pela maioria dos gerentes de fabricação. Como resultado disto, o tempo e o dinheiro necessários para adotar a GT podem ser muitas vezes desencorajadores para os gerentes que não conseguem ver os seus benefícios. Sem dúvida quanto mais completo o programa, maiores os investimentos. Por outro lado, uso de programas específicos de GT podem não implicar em altos custos e seus resultados serem consideráveis.

A literatura apresenta alguns exemplos como forma de se calcular os benefícios econômicos da GT [3,15,29,72,76]. Contudo, é importante salientar que os benefícios econômicos reais a atingir pela aplicação da GT podem levar até alguns anos para serem notados, como mostrado na figura 1.3.

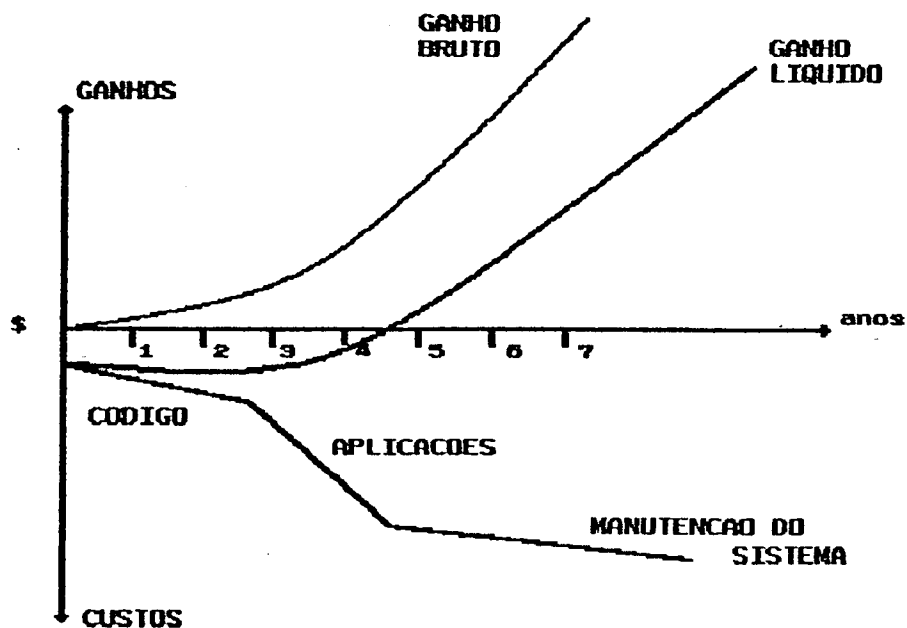


FIGURA 1.3 - Tempos de Retorno Real com a GT [29]

As células de manufatura podem ser criadas sem a existência de um Sistema de Classificação e Codificação, apesar de um sistema desta natureza ser realmente necessário para um completo usuário de GT. A seleção de um sistema de codificação é longa e custosa, contudo, quando implantado de forma adequada, pode trazer uma larga faixa de benefícios.

A Ottis Engineering [19,25], por exemplo, gastou 18 meses treinando pessoas e analisando sua população de peças aparentemente sem benefícios ponderáveis. Todavia, nos 9 meses seguintes, de operação com o sistema, os custos foram recuperados.

Torna-se ainda necessário enfatizar que por todas estas razões acima citadas, após a decisão de se implantar a GT é fundamental a convergência de todos os esforços a favor de um plano de implantação bem definido.



Também função destas implicações, é necessário repensar o sistema de produção e todas as funções com ele relacionadas, pois, qualquer mudança poderá repercutir nos setores envolvidos.

Uma das soluções para isto é a leitura de bibliografias, contudo estas não são fartas e quando se trata do assunto implantação, tornam-se mais raras ainda. Além disso, quando são apresentadas, trazem apenas os resultados, não expondo os problemas que ocorreram durante sua implantação e muito menos as soluções adotadas, devidamente justificadas [25,95].

Isto cria, em muitas empresas, a necessidade de um maior conhecimento do assunto (formação de uma cultura que normalmente não existe) e principalmente uma metodologia a ser seguida na implantação da GT, mais especificamente SCC. Deve-se ressaltar que não existe uma forma padrão ou otimizada de implantação deste tipo de tecnologia, variando muito de empresa para empresa [25].

Finalmente, um programa de GT é um investimento de longo prazo, com profundas implicações na estrutura organizacional e nas pessoas nela envolvidas. Provavelmente os custos serão altos, entretanto, haverá retorno compensatório a longo prazo. A GT é mais um exemplo de tecnologia que necessita ser incluída no plano de decisões estratégico-tecnológicas da empresa. Por esta razão, um suporte e absoluto compromisso da alta gerência são críticos para o sucesso da implantação da GT, particularmente porque melhor comunicação e coordenação, entre departamentos, surgem como um dos resultados desta concepção. Sendo assim, todos os possíveis requisitos necessários devem ser levados em conta, quando da decisão de implantar uma técnica desta natureza [29].

## 2.0 - INTRODUÇÃO A TECNOLOGIA DE GRUPO

A Tecnologia de Grupo (GT) é uma filosofia aplicada principalmente à produção de pequenos e médios lotes, que visa indentificar e agrupar características de componentes, similares ou relacionados, para com isto, propiciar as mais diversas vantagens destas similaridades em todos os estágios possíveis do processo produtivo [2,9,10,11,26,31,62,72].

Neste sentido a Tecnologia de Grupo tem muitas aplicações nas mais diversificadas áreas, entretanto, devido ao seu próprio surgimento e razões históricas, são nas áreas que envolvem a manufatura (figura 2.1) que são encontradas mais bibliografias relatando a sua utilização.

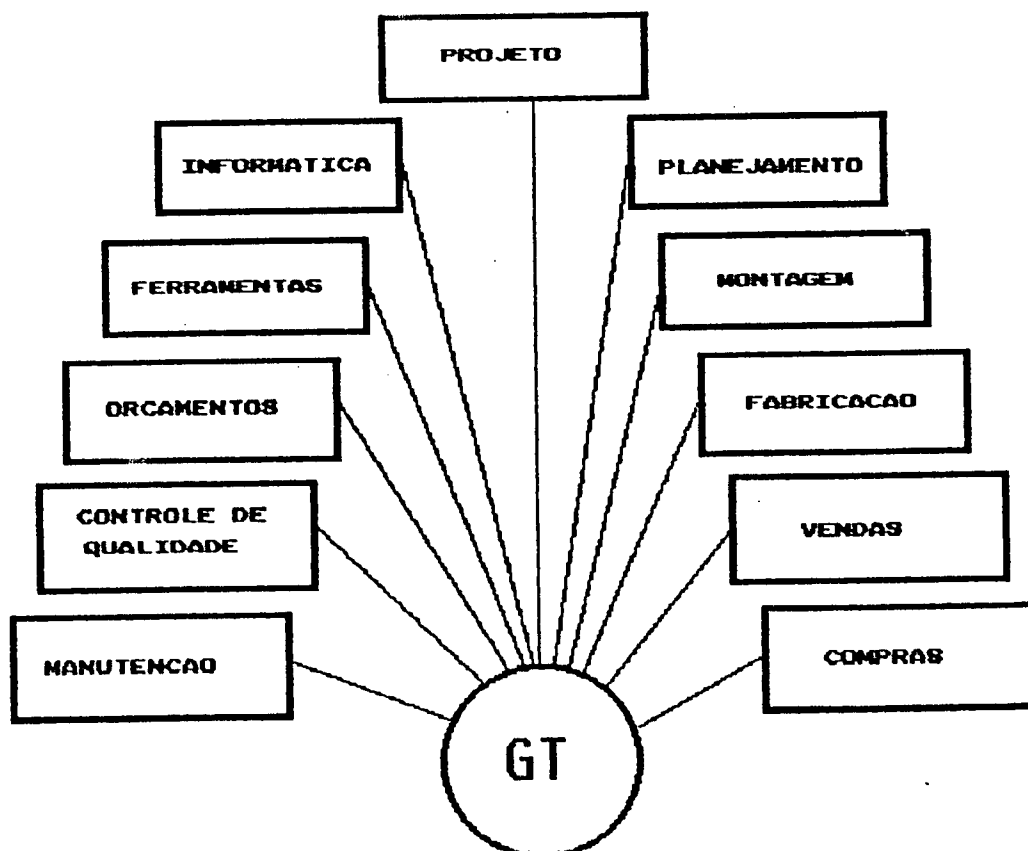


FIGURA 2.1 - Áreas envolvidas com a GT [15]

Através da GT, os componentes com similaridades de desenho (geométricas) ou processos de fabricação (tecnológicas), são agrupados em famílias. A partir desta etapa, uma série de atividades podem ser efetuadas, como, dispor máquinas em grupos ou células para processar uma determinada família de componentes. Deste modo o sistema funcional ("lay-out"), pode ser convertido, aos poucos, em um sistema celular ou um sistema de fabricação flexível.

A literatura apresenta alguns dos maiores benefícios propiciados pela GT, quantificando alguns destes, como [15,26]:

- 52% na redução de novos componentes projetados;
- 10% na redução do número de desenhos através da padronização;
- 60% na redução do tempo de engenharia industrial;
- 80% na redução dos custos de controle de qualidade e produção;
- 70% na redução do tempo de "setup";
- 70% na redução do tempo de produção;
- 62% na redução de material em processo;
- 40% na redução de matéria prima (estoques);
- 33% no aumento de produtividade das pessoas envolvidas.

Somado a estes benefícios, a GT propicia uma maior humanização do trabalho e melhora a qualidade de vida no ambiente fabril.

Para melhor ilustrar estes benefícios, podem-se citar algumas das áreas específicas onde a GT é aplicada [10,19,26,70]:

a) Planejamento do Processo: Conjuntamente com um Sistema de Classificação e Codificação, pode-se criar e recuperar mais rapidamente, e reduzir, o número de planos de fabricação (figura

2.2), formar células e famílias de peças, aumentar a padronização de operações, seqüências de fabricação, ferramentas, etc.. Todas estas vantagens, podem ser melhor exploradas quando da utilização de um sistema CAPP (Computer Aided Process Planning) em conjunto com a GT.

É muito comum, uma empresa possuir/gerar um número elevado de planos de fabricação, seja por que cada planejador pensa de forma diferente, seja porque a configuração de máquinas ferramentas pode ser dinâmica ao longo do tempo. Assim sendo, a GT aplicada ao planejamento do processo, atua diretamente nestes problemas.

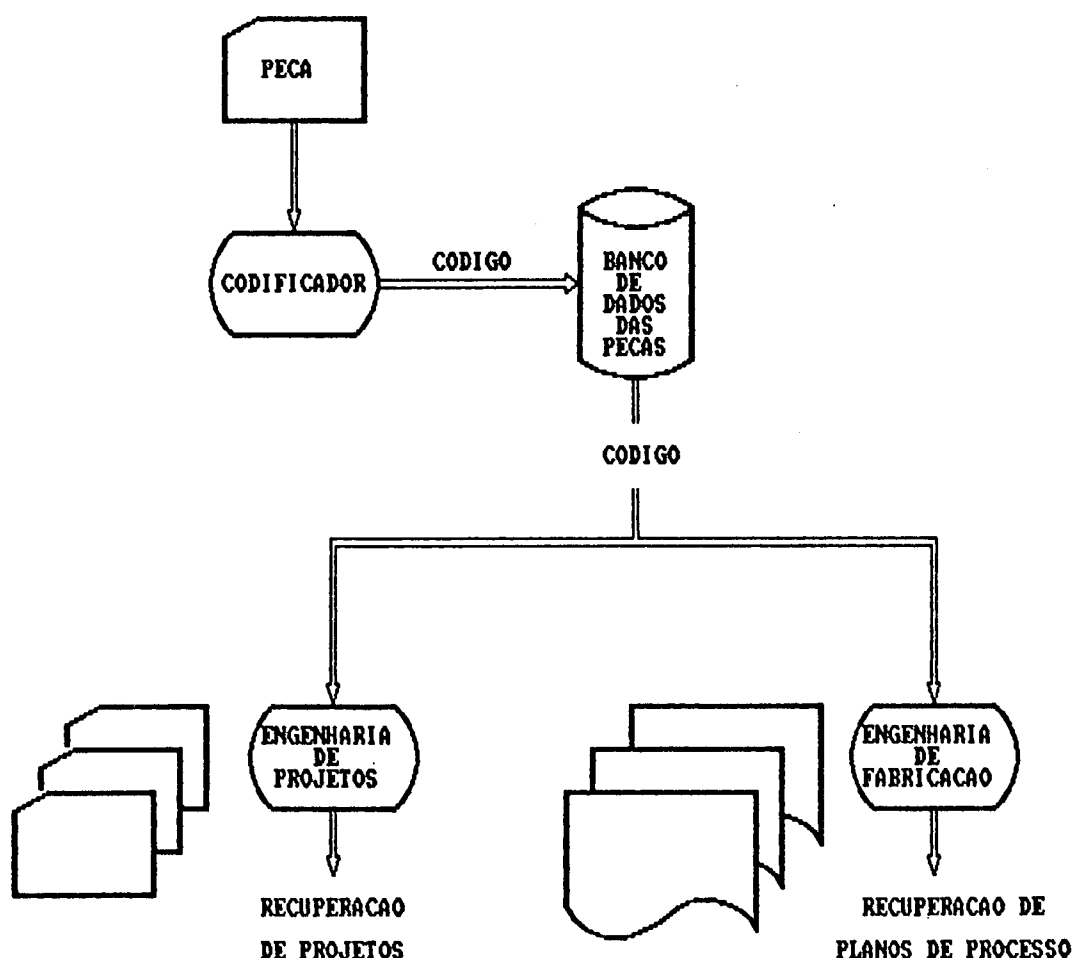


FIGURA 2.2 - GT dentro do Projeto e Fabricação

b) **Projeto de Peças:** De forma similar ao Planejamento do Processo, através de um SCC, a GT mostra-se eficiente na criação e recuperação de peças, e conseqüentemente na padronização das mesmas, visando assim facilitar e padronizar também a fabricação (figura 2.2). Isto vem a contribuir na otimização do projeto e evita a proliferação de novos desenhos, iguais ou quase iguais aos já existentes.

c) **Planejamento e Controle da Produção:** O agrupamento de máquinas em células reduz o número de centros de produção. Sendo assim, o controle de um lote de peças passa agora a estar em uma célula e não mais espalhado pela fábrica. Também com a rápida identificação de qual família pertence um lote de peças e conseqüentemente qual célula deverá ser processado, é bastante facilitado o planejamento da produção.

d) **Preparação de Máquinas e Ferramentas:** O agrupamento de peças com características similares de fabricação, permite uma redução considerável nos tempos de preparação de máquinas e ferramentas. Isto se mostra, de forma mais eficiente, na produção de pequenos e médios lotes, onde, em conseqüência do tipo de "lay-out" funcional, apresentam altos estoques, altos tempos de preparação e baixíssima produtividade (não mais que 5% corresponde ao corte de material). Com base neste agrupamento pode-se, então, transformar o "lay-out" funcional em celular, obtendo-se assim algumas das vantagens citadas anteriormente, como melhoria na qualidade, facilidade de movimentação de materiais, redução dos tempos de preparação e dos estoques intermediários.

e) **Satisfação dos Trabalhadores:** As células permitem a fabricação de lotes de peças desde a matéria-prima até o produto acabado, por um pequeno número de trabalhadores que podem constatar visualmente sua contribuição, de forma mais efetiva, para o resultado final. Também, um espírito de maior responsabilidade e dedicação é criado, pois sentem-se donos de sua célula de fabricação, além de terem, ou adquirirem rapidamente, uma maior capacitação profissional (operam mais de um tipo de máquina).

f) **Outras Áreas:** A GT pode ser aplicada também na área de compras, visando justamente uma padronização maior em relação as matérias-primas das peças a serem fabricadas. Muitas vezes matérias-primas de diferentes dimensões ou tipos, são pedidas para peças basicamente semelhantes. Evitando-se isto, volumes maiores poderão ser comprados, propiciando um melhor preço. Na área de vendas, dentro desta filosofia de rápida recuperação de informações através das características, pode-se fornecer mais rapidamente um orçamento preciso de produtos, principalmente daqueles que não são de fabricação comum da empresa.

Como se pode observar, os benefícios da GT são muitos e se estendem por várias áreas da empresa. Entretanto, a aplicação da GT pode apresentar algumas limitações, como já abordadas no capítulo anterior [15,19,42].

## 2.1 - HISTÓRICO DA TECNOLOGIA DE GRUPO

O termo Tecnologia de Grupo (GT) é de origem recente mas a idéia de produzir componentes de forma similar em grupos de máquinas reunidas em células, ou o uso de métodos do fluxo em linha para a produção em lotes, não são novas. A técnica não usa

nenhuma idéia de organização de fábrica que não tenha sido conhecida pela indústria através dos tempos [2,29].

A concepção básica da GT tem sido praticada por muitos anos como parte de "prática de boa engenharia". No início deste século, F. W. Taylor desenvolveu um Sistema de Classificação e Codificação para a formação de famílias de peças usado na fabricação [29,60,61,81]. Através dos anos, muitas companhias desenvolveram seus próprios Sistemas de Classificação e Codificação e aplicaram-nos nas mais diversas áreas, como, projetos, materiais e ferramentas. Existem numerosos exemplos de agrupamentos de máquinas ou células, agrupamento de ferramentas, agrupamento de famílias de peças e outros que têm sido usados nas mais diversas áreas da indústria. Estas práticas e aplicações da Tecnologia de Grupo, foram usadas em muitos casos, com diferentes nomes e em várias formas de funções de engenharia, fabricação e gerenciamento.

Muitos países mostraram maior interesse pela GT a partir de 1950 e 1960, onde vários Sistemas de Classificação e Codificação foram desenvolvidos, concepção de células de máquinas foram praticadas e excelentes metodologias e ferramentas de agrupamentos foram divulgadas [12,29,49].

A primeira descrição documentada que usou o termo "Tecnologia de Grupo" foi na Rússia, escrita por Mitrofanov, "The Scientific Principles of Group Technology" (ou Scientific Organization of Batch Production) em 1959, onde propunha um sistema para minimizar os tempos de "set-up". Esta publicação foi traduzida para o inglês em 1966 [12,61].

Uma outra grande contribuição para a GT, foi a publicação de Opitz em 1960, na Alemanha, onde mostra um código básico de nove dígitos para peças, que serve hoje como uma ótima fonte para os iniciantes desta tecnologia [21,61].

Em Turin, em 1965, o professor Burbidge desenvolveu o método de Análise de Fluxo de Produção, para análise das rotas e seqüências das peças ao longo das máquinas [61].

A partir de 1966 houve nos EUA uma série de conferências anuais sobre o assunto que contribuíram com a divulgação da Tecnologia de Grupo [49].

Mais tarde, em 1970, Ham da Universidade da Pensilvânia e Allem da Universidade de Brigham Young, iniciaram a difusão dos conceitos da GT a nível de chão de fábrica e organização das informações em geral, respectivamente [61].

Desde 1970, muitas companhias que comercializam software de GT e consultorias, começaram a surgir. Dentre elas, pode-se citar: "Multi-class" pela OIR-CV, "DCLASS" pela BYU, "CODE" pelo MDSI, "Part Analog System" por Lovelace, "Brisch" por Hyde, "SAGT" por ElGomayel, "CUTPLAN" por Metcut, e outros [12].

Também na década de 70 pode-se perceber uma evolução bastante acentuada desta técnica no Japão [54].

No Brasil, atualmente, a GT tem sido objeto de estudos e aplicações tanto a nível de entidades de pesquisa, como a nível de indústrias, de uma forma que não pode ser considerado como abrangente. Dentre entidades de pesquisa que vem desenvolvendo atividades nesta área podem ser citadas: UFSC, CTI, UFSCAR, UNICAMP e USP. Dentre indústrias que desenvolvem, ou já desenvolveram atividades de GT, podem ser citadas algumas como:



EMBRAER, FORD, METAL LEVE, CLARK, VILARES, PHILIPS, BROWN BOVERI, MASSEY-PERKINS, YAMA e MARCOPOLLO.

Percebe-se, também, que nos últimos anos muitas empresas já consideram como parte de seus planos de desenvolvimento estratégico, a aplicação de técnicas de GT.

A GT é um desenvolvimento dinâmico e evolucionário que continua a expandir a sua influência sobre os sistemas de manufatura, entretanto determinados passos (ou patamares) devem ser dominados para um acompanhamento da evolução desta tecnologia. Aliado a isto, esta filosofia (não necessariamente o nome) difundir-se-á, somada aos avanços inovadores na teoria e aplicações, não somente para melhoria da produtividade em sistemas convencionais de manufatura por lotes, mas também para a própria adaptação dos sistemas CAD/CAM. Outras tecnologias estão aparecendo com as facilidades cada vez maiores propiciadas pela computação, contudo a filosofia da GT ainda permanece.

## 2.2 - FAMÍLIAS DE PEÇAS E AGRUPAMENTO DE MÁQUINAS

Como se pode perceber, a formação de famílias de peças e o agrupamento de máquinas são os objetivos fundamentais da GT. Basicamente, uma família de peças pode ser definida como um grupo de peças que possuem algumas similaridades. Estas similaridades podem ser em relação a forma geométrica e/ou processos de fabricação, como mostrado nas figuras 2.3(a e b) [3.10]. Algumas vezes, as peças podem ser diferentes na forma, mas, apresentam similaridades significativas nos seus processos de fabricação e podem, então, ser identificadas como membros de mesma família.

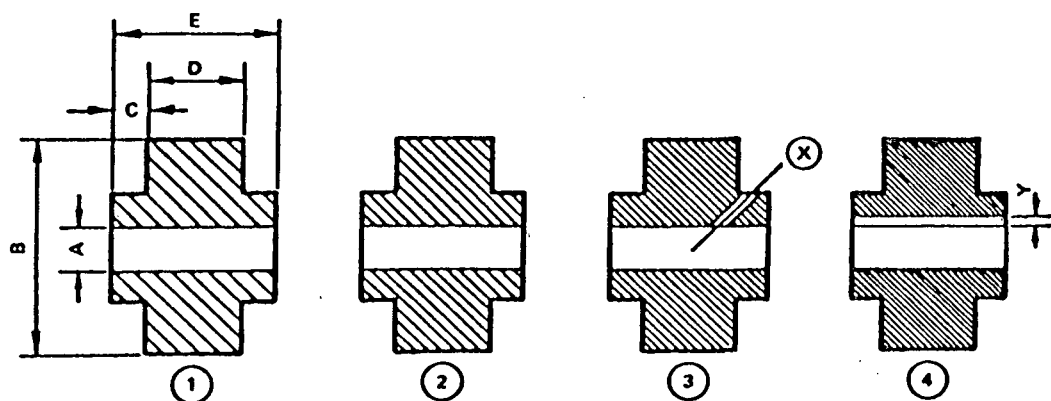


FIGURA 2.3(a) - Similaridades de forma geométrica [18]

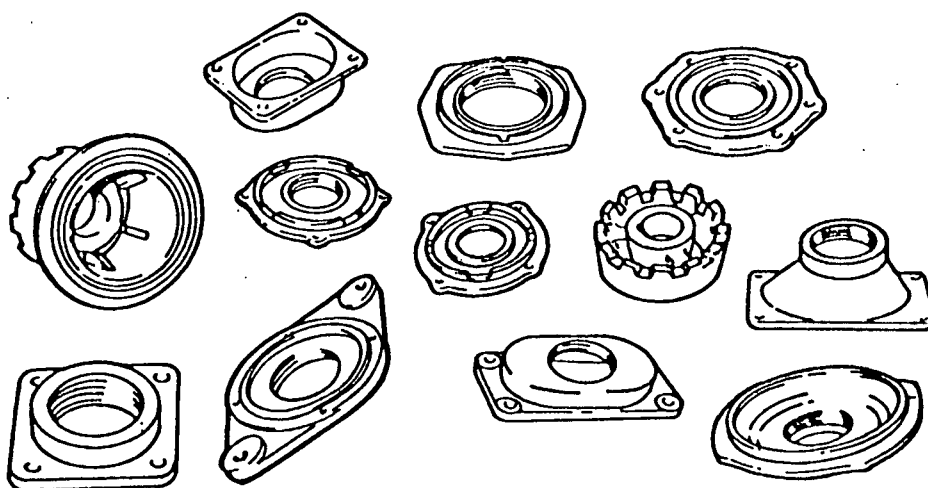
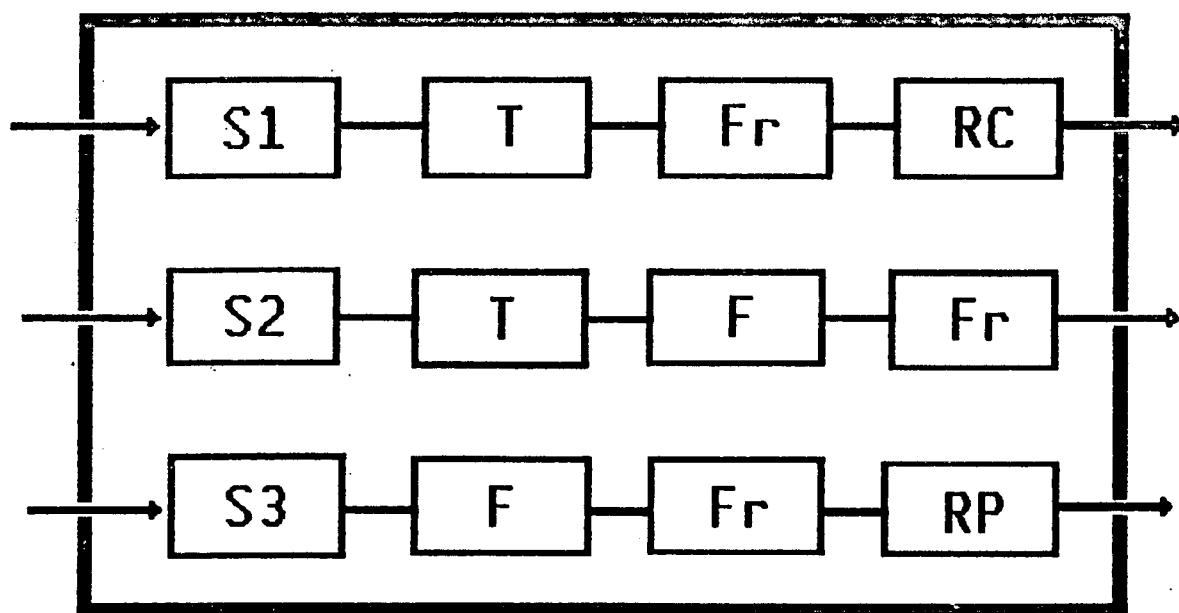


FIGURA 2.3(b) - Similaridades de processos de fabricação [10,18]

Uma das vantagens mais significativas do agrupamento de peças está, justamente, na possibilidade da criação de células. As células de fabricação são agrupamentos de máquinas que irão processar determinadas famílias de peças.

Normalmente, as instalações metal-mecânica tradicionais apresentam duas formas básicas de "lay-out", que são [10,15] :

- **Por Produto:** Também conhecido como "lay-out" em "linha", é normalmente empregado para produção de grandes quantidades, onde sempre é processada a mesma seqüência de operações (figura 2.4). Os equipamentos são bem especializados e o fluxo possui um trajeto bem determinado. Entretanto, o maior inconveniente está na pouca flexibilidade, resultando demoras nas adaptações para outros produtos (por exemplo linhas "transfer").



S=SERRA; T=TORNO; F=FURADEIRA; Fr=FRESA;  
RC=RET. CILÍNDRICA; RP=RET. PLANA

FIGURA 2.4 - "Lay-out" por Produto

- **Funcional:** É um dos mais antigos. Neste "lay-out", diferentes lotes de peças seguem por seqüências diversas através das máquinas. As máquinas estão agrupadas conforme suas funções e especialidades (figura 2.5). Apesar de sua alta flexibilidade, este "lay-out" possui o inconveniente de altíssimos tempos mortos de produção, grandes estoques intermediários, alta especialização das pessoas, baixa qualidade e atrasos sistemáticos de entrega.

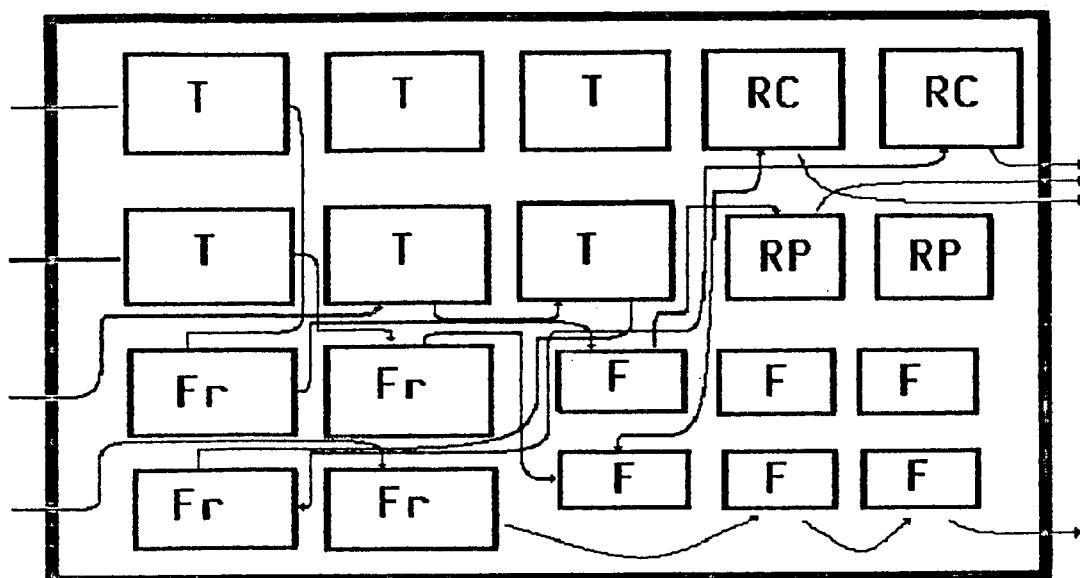


FIGURA 2.5 - "Lay-out" Funcional [105]

No "lay-out" celular, (figura 2.6), muitas destas limitações podem desaparecer, pois, as máquinas são agrupadas de forma a produzir famílias de peças, permitindo uma rápida adaptação, quando se pretende processar um novo lote de peças da mesma família [39]. Somado a isto, eliminam-se estoques intermediários, baixam-se sensivelmente os tempos de movimentação e preparação, além de uma maior padronização e controle da qualidade.

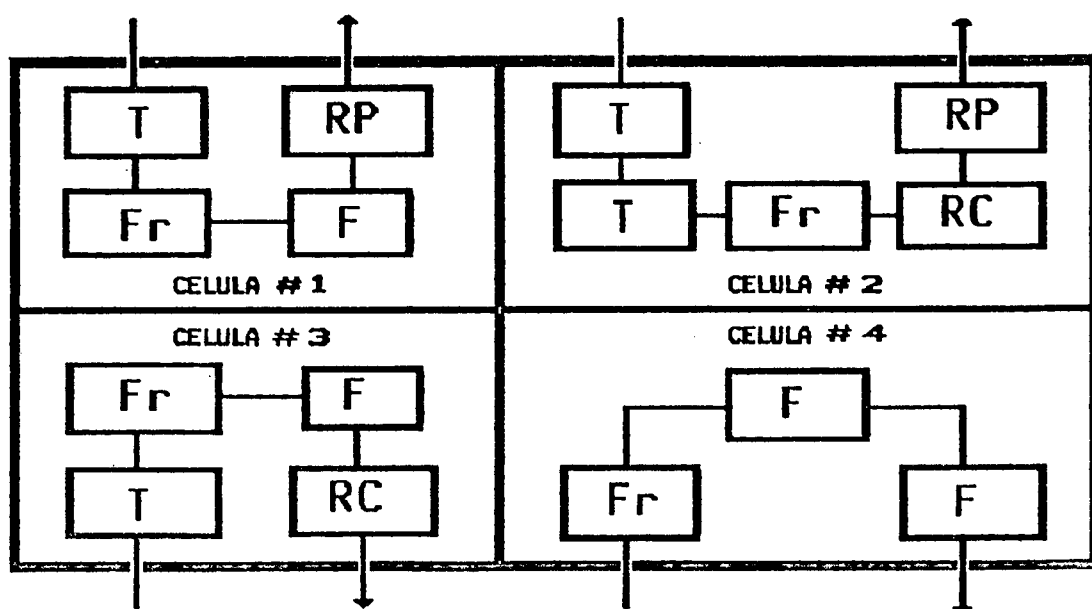


FIGURA 2.6 - "Lay-out" Celular [60]

## 2.3 - TÉCNICAS DE FORMAÇÃO DE FAMÍLIAS DE PEÇAS

Um dos maiores obstáculos ao mudar o sistema tradicional de fabricação para o sistema apoiado pela GT, é o agrupamento de peças em famílias. Existem basicamente três métodos de agrupamento de peças, podendo ser todos morosos e envolvendo a análise de uma grande quantidade de informações por pessoal devidamente treinado. São eles [2,10,15]:

### 2.3.1 - INSPEÇÃO VISUAL

Este método apresenta-se como o menos sofisticado e menos dispendioso de todos. Uma análise visual é feita de cada um dos desenhos das peças, agrupando estes conforme suas similaridades. É um método pouco eficiente a medida que o número de componentes começa a aumentar, contudo, seu potencial não deve ser desprezado em se tratando de um ponto de partida para uma implantação, principalmente quando aplicado sob forma de experiência piloto.

No Brasil este método foi empregado pela MASSEY PERKINS S.A., uma das empresas pioneiras na implantação desta tecnologia, obtendo-se ótimos resultados [39].

### 2.3.2 - ANÁLISE DO FLUXO DE PRODUÇÃO (AFP)

Este método é o mais conhecido de todos e também pode ser encontrado com o nome de Análise do Fluxo de Fábrica ou agrupamento por "Clustering".

Foi desenvolvido por J. B. Burbidge como uma técnica barata e de fácil utilização para ajudar na implantação da GT [3,25]. É

um método para identificação de famílias de peças e agrupamento de máquinas-ferramentas em células, através da análise da sequência de operações e das rotas de peças ao longo das máquinas e estações de trabalho em uma determinada fábrica. Pode ser utilizado independentemente de outras técnicas, garantindo bons resultados.

Uma das limitações que pode ser apontada para este método, reside no fato deste sistema não prever, a princípio, mecanismos para racionalização dos circuitos de fabricação, baseando-se nas informações colhidas ao longo do fluxo da produção sem considerar se os circuitos estão otimizados. Somado a isto, os planos de fabricação podem ter sido preparados por pessoas diferentes, o que se reflete na forma como as mesmas são executadas, isto é, peças iguais podem seguir circuitos diferentes [25,15].

Uma vez executado este método, é possível a formação de células para famílias de peças, visando assim, uma organização da fábrica.

Somado a benefícios imediatos consideráveis, pois seus resultados aparecem a curto prazo, este método cria um ambiente intermediário para atuação da GT em um contexto macro da empresa, podendo também ser utilizado como parte da estratégia de implantação da GT como um todo.

Para o emprego deste método algumas etapas técnicas são sugeridas por seu autor, contudo não serão aqui explicadas com maiores detalhes, por fugirem ao escopo deste trabalho. Entre elas aparecem Análise do Fluxo de Fábrica, Análise de Grupo, Análise da Linha e Análise de Ferramental [1,2,3,28,61].

Estas etapas técnicas são progressivas e cada uma deve ser iniciada após o término da anterior. Contudo para aplicação destas técnicas, principalmente da Análise do Fluxo de Fábrica e de Grupo, existe um procedimento a ser observado [3,10,15,25]:

a) **Coleta de Informações:** O primeiro passo no procedimento é decidir qual o propósito do estudo e recolher as informações necessárias. Deste modo é definida a população de peças a ser analisada, que pode ser todas as peças produzidas pela empresa, assim como apenas uma amostra representativa. Definida a população, as informações mínimas necessárias são o número de cada peça e sua seqüência de operações. Estas informações podem ser obtidas dos planos de fabricação, que passam a ser um requisito essencial para a aplicação deste método. Outras informações, como, tamanho dos lotes, tempo padrão, etc. dependendo do caso, podem também ser utilizadas.

b) **Escolha dos Circuitos:** Com base nas informações colhidas anteriormente, são criadas rotas de cada peça. Normalmente, podem ser atribuídos códigos às máquinas e/ou operações e as peças, obtendo assim os dados mais simplificados (figura 2.7(a)). Assim obtém-se, para cada peça, seu número, associado aos números de códigos das máquinas por onde passa, conforme figura 2.7(b).

PROCESSO	CÓDIGO	PROCESSO	CÓDIGO
Corte	01	Retificação	07
Torneamento	02	Aplainamento	08
Furação manual	03	Rebarbação	09
Furação NC	04	Polimento	10
Fresagem	05	Montagem	11
Mandrilamento	06	Inspeção	12

FIGURA 2.7 (a) - Código dos Processos de Fabricação [15]

NUMERO DA PEÇA	CODIGOS DAS MAQUINAS SEQUENCIA DOS PROCESSOS			OUTRAS INFORMACOES			
2 2 4 5 1	0 1	0 7	1 1	. . .	.	.	...
1 5 3 2 0	0 1	0 2	0 5	. . .	.	.	...
⋮							

FIGURA 2.7 (b) - Seqüência de processos de uma peça [15]

c) Criação da matriz PEÇA X MÁQUINA: Uma vez tendo estes dados prontos, pode ser criada uma matriz de PEÇAS versus MÁQUINAS (ou operações). Basicamente nesta matriz as linhas correspondem às peças e as colunas às máquinas. Sendo assim, para cada peça é verificado se sua rota passa por determinada máquina. Caso afirmativo, pode ser assinalado com o número "1", caso negativo, "0" (figura 2.8).

		CODIGOS DAS PECAS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
CODIGOS DAS MAQUINAS	1	0	1	1	0	1	0	0	0
	2	1	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	1	0
	4	0	0	0	0	0	1	0	0
	5	0	0	0	0	0	0	0	1
	6	0	0	0	1	0	0	0	0
	7	0	0	1	1	1	0	0	1

FIGURA 2.8 - Matriz Peças X Máquinas [72]



d) **Análise:** Este é o passo mais difícil deste método, apesar de ser fundamental para seu sucesso. A partir da matriz montada anteriormente, é procedido um tratamento manual ou computacional (através de algoritmos) trabalhando, assim, com as linhas e as colunas, obtendo-se uma nova matriz que possivelmente mostrará, ou evidenciará, as famílias de peças e suas respectivas células, podendo assim ser feito um estudo mais minucioso (figura 2.9).

		CODIGOS DAS PECAS							
		2	3	5	8	1	6	4	7
CODIGOS DAS MAQUINAS	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	1	0	0	0	0
	7	0	1	1	1	0	0	1	0
	2	0	0	0	0	1	1	0	0
	4	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0	1
	6	0	0	0	0	0	0	1	0

FIGURA 2.9 - Matriz de famílias de peças e máquinas [72]

Invariavelmente, haverá casos de peças que não serão enquadradas automaticamente em nenhuma das famílias, devendo estas serem reanalisadas com o fim de se juntarem a alguma família existente. Se isto não for possível, deve-se analisar algumas possibilidades, como [4,72]:

- fabricação em um ambiente funcional;
- subcontratação;
- modificação do processo;
- modificação de projeto.

Como já comentado, esta tarefa pode ser feita manualmente, guardando-se as proporções de tamanho da matriz, contudo, com as facilidades de recursos computacionais e com o aumento do número de peças e máquinas das empresas, vários algoritmos podem ser utilizados para a análise desta matriz.

A bibliografia não é clara quanto a uma classificação dos métodos existentes para a formação e análise de células [3,5,6,7,30,48,72,73,91,92]. Entretanto, uma divisão mais comum entre alguns autores, pode ser:

- Métodos baseados em Arranjos;
- Métodos baseados na Análise de "Agrupamento";
- Métodos de Programação Matemática;
- Métodos Heurísticos.

Cada um destes métodos apresenta características técnicas e algoritmos particulares que vão ser utilizados conforme as condições e necessidades de quem vai implantar [31,72].

Como pode-se observado, a Análise do Fluxo de Produção tem um grande potencial em relação a sua abrangência a nível de fábrica, trazendo resultados eficientes e bastante rápidos. Entretanto, é uma técnica que exige uma boa atualização dos dados de fabricação e se restringe basicamente em otimizações de fábrica na modificação do "lay-out".

### 2.3.3 - SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO (SCC)

Os SCC possuem um papel de destaque dentro da GT, devido a sua maior abrangência dentro da empresa, podendo ser descrito sob vários pontos de vista e orientado para os mais diversos setores, desde o de orçamentos até o de chão de fábrica (figura 2.10).

Estes sistemas apresentam um código que pode ser numérico e/ou alfabético, identificando de forma única as características de cada peça, que podem estar baseadas em atributos de projeto (forma geométrica e tamanho), fabricação (seqüência do processo de fabricação, tamanho de lote, etc.) ou ambos [3,10].

Apesar de já terem sido desenvolvidos muitos Sistemas de Classificação e Codificação, nenhum deles pode ser universalmente adotado. A razão é que cada empresa tem as suas particularidades e um sistema que, para uma empresa é bom, pode não ser para outra.

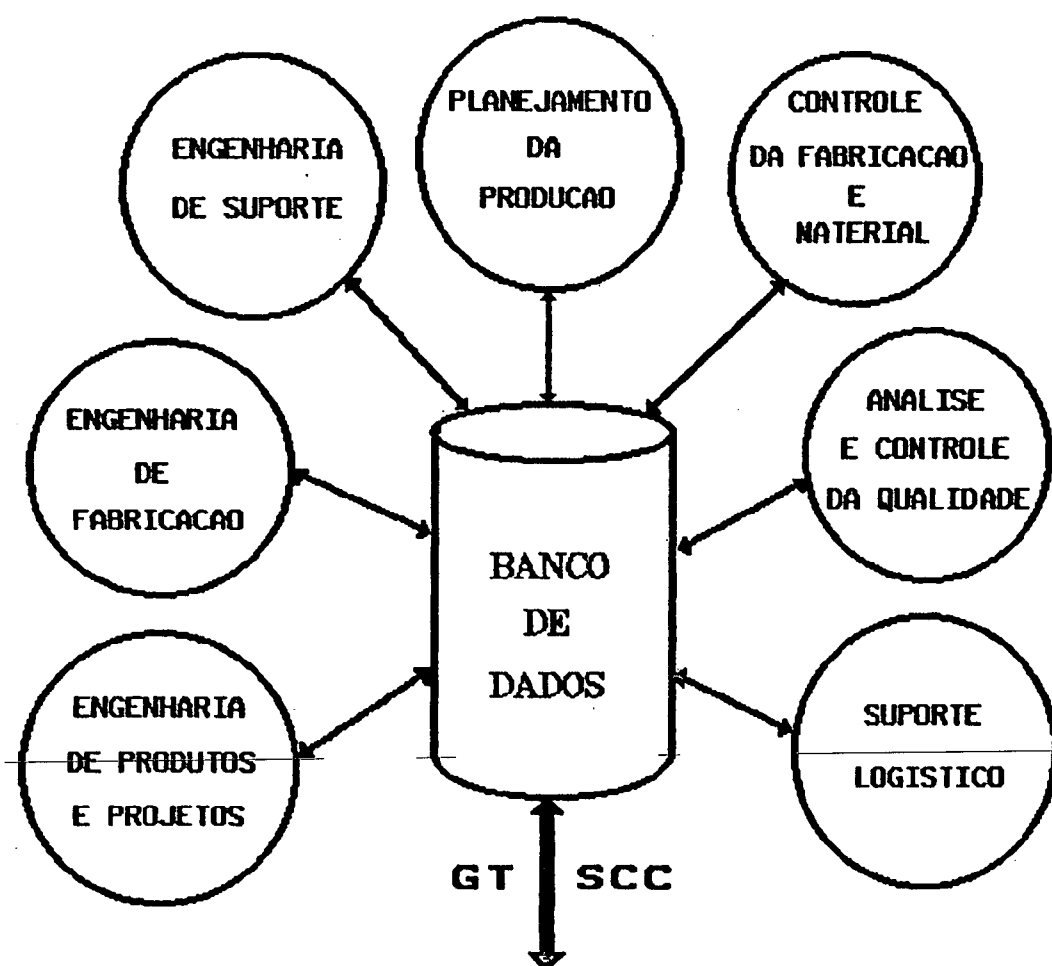


FIGURA 2.10 - Abrangência de um SCC [15]

Quanto a suas estruturas, os códigos dos SCC podem apresentar-se como [3,10,45,72]:

**Monocódigos** - também conhecida como estrutura em árvore ou hierarquizada, onde existe uma dependência dos dígitos entre si, ou seja, a interpretação de qualquer dígito depende do valor do dígito anterior. Uma das vantagens desta estrutura é permitir que poucos dígitos agrupem um grande número de características (figura 2.11);

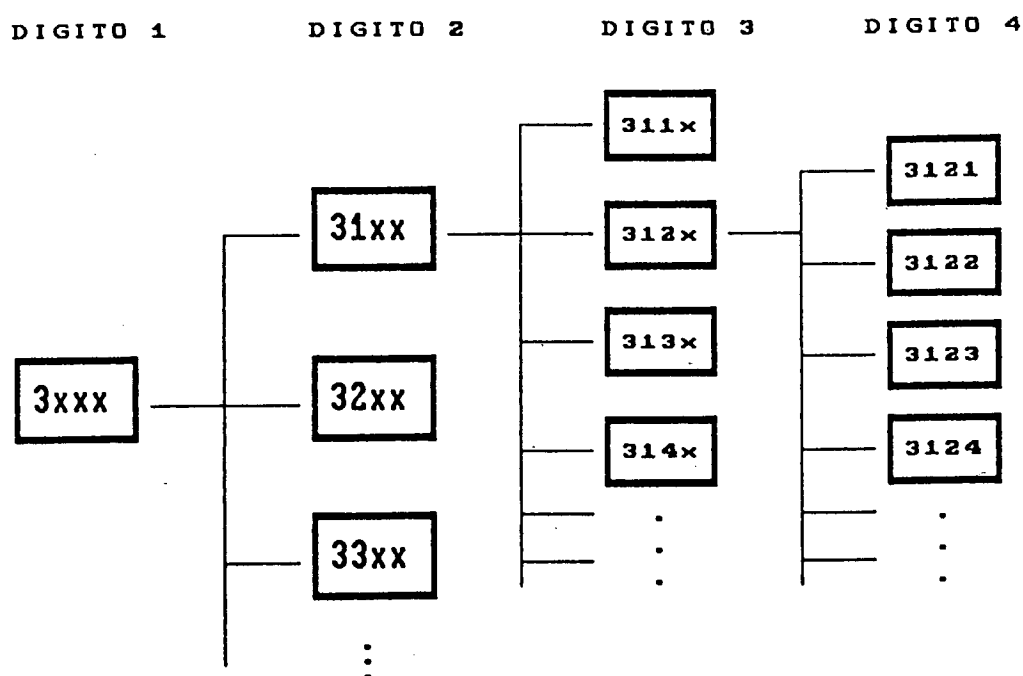


FIGURA 2.11 - Estrutura Monocódigo ou Hierárquica

**Policódigos** - Também conhecida como estrutura em cadeia ou matricial, onde os dígitos apresentam-se independentes entre si, ou seja, não depende do valor do dígito anterior. É uma estrutura mais simples de se assimilar que a anterior, contudo, necessita de um maior número de dígitos para armazenar o mesmo número de informações que a estrutura anterior (figura 2.12);

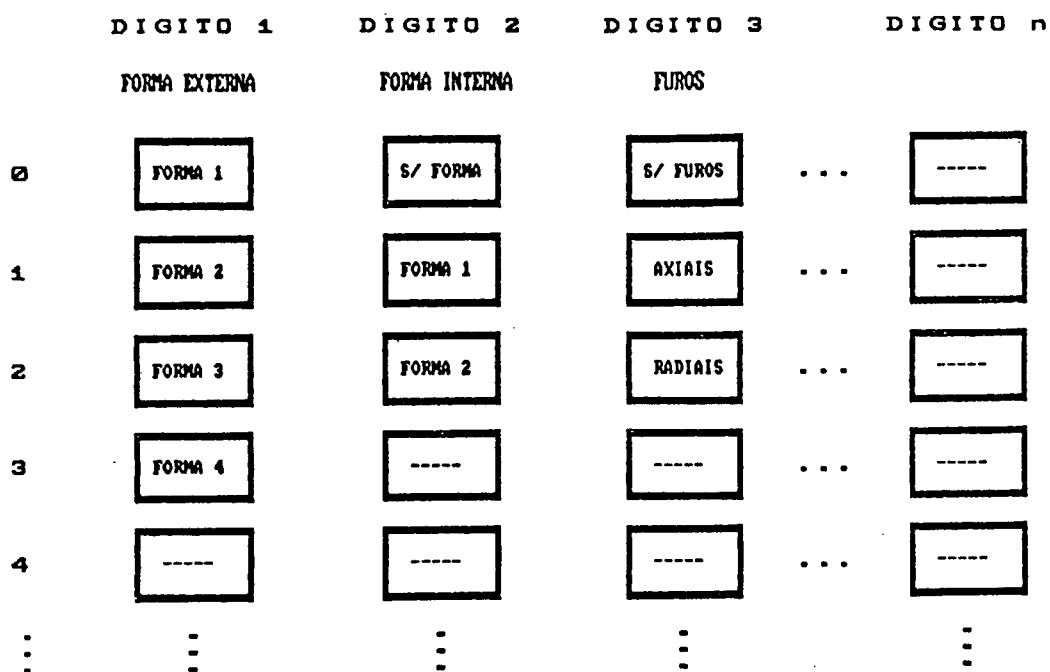


FIGURA 2.12 - Estrutura Policódigo ou Matricial

Híbridos - é a combinação das duas estruturas anteriores. Muitos sistemas de codificação utilizam esta estrutura, uma vez que, reúnem vantagens da estrutura mono e policódigo (figura 2.13).

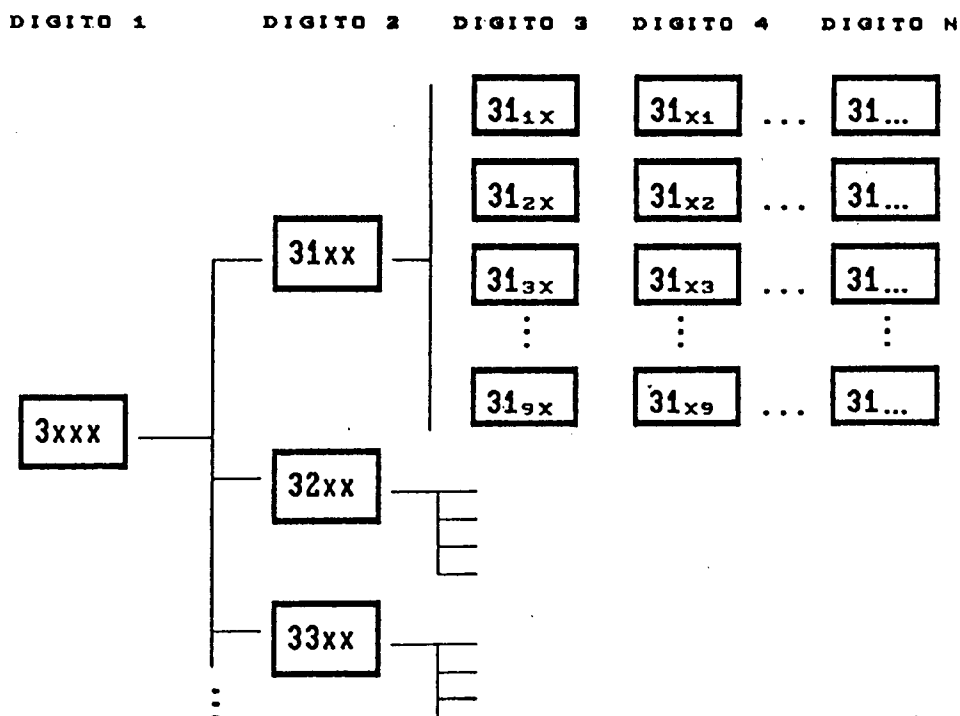


FIGURA 2.13 - Estrutura Híbrida

Assim como na Análise de Fluxo da Produção (AFP), este método exige também a determinação de uma população representativa para ser aplicado. Com as facilidades proporcionadas pelo computador, tal método apresenta-se bastante difundido entre as empresas hoje em dia. No entanto, são exigidos maiores investimentos a nível de tempo, e recursos humanos e financeiros, devendo por isso, ser considerado como parte de uma estratégia de médio ou longo prazo.

O número de dígitos de um SCC depende normalmente das características da população de peças e do grau de detalhamento destas características (podem variar entre 10 à 30 dígitos).

Algumas das maiores vantagens do SCC são [10,3,15,2]:

- Facilidade de formação de famílias de peças e células de máquinas;
- Facilidade na recuperação de desenhos e planos de processo;
- Redução da duplicação de desenhos;
- Facilidade em estatísticas de peças;
- Racionalização e aperfeiçoamento do projeto de ferramentas;
- Ajuda no Planejamento da Produção e procedimentos de vendas;
- Melhora a estimativa de custos;
- Melhora a utilização de máquinas, ferramentas e homens;
- Facilita a programação NC.

Outros métodos para a formação de famílias tem sido abordados pela literatura [7,9,30,31,32,50,93]. Contudo, devido aos objetivos deste trabalho, não serão abordados com maiores detalhes, devendo alguns destes serem mais comentados no Capítulo 3.

### 3.0 - SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO - SCC

#### 3.1 - OS SCC DENTRO DA TECNOLOGIA DE GRUPO

A Tecnologia de Grupo (GT), é uma filosofia de manufatura difundida e aceita, entretanto, muitos dos praticantes nem sempre tem tido sucesso com sua implantação. Um dos principais problemas, é a concepção popular que o "coração" da GT é o Sistema de Classificação e Codificação (SCC). Por esta razão, muitos esforços são concentrados no desenvolvimento de um SCC e poucos resultados são obtidos [23].

De fato, pensando-se em um retorno mais rápido do investimento feito, o início do processo de implantação de GT pelo SCC não é o mais aconselhável. Contudo, deve-se salientar que é uma questão de prioridade, pois, ao longo de um programa completo de implantação de GT, fatalmente estará incluído o desenvolvimento ou aquisição de um SCC. Não é demais afirmar que para implementar as aplicações da GT, ao longo de toda empresa em um sistema integrado, é fundamental ter-se um SCC que possa ser usado por todos os módulos de aplicação desta. Segundo uma comparação feita por Burbidge [1], a taxa de retorno, sobre o investimento de uma implantação iniciada pelo chão-de-fábrica, é sensivelmente maior que a iniciada por um SCC (figura 3.1).

Sendo assim, cabe a empresa, através de sua estratégia, definir de que forma iniciará a sua implantação, podendo esta optar inicialmente pela formação de células, criação de um SCC ou ambos. Porém, deve-se estar ciente que esta decisão faz parte do plano de implantação de cada empresa especificamente.

## INICIO DA IMPLANTACAO DA GT

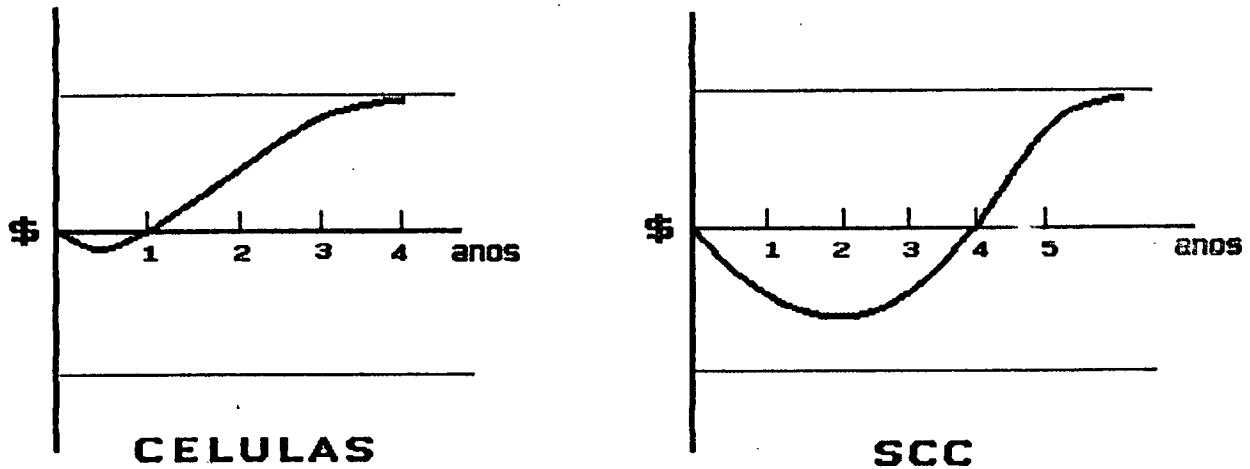


FIGURA 3.1 - Taxa de Retorno sobre Investimento [1]

Muitas empresas utilizam o "Part Number" ou Número de Identificação ("ID-Number") para a recuperação de peças. Entretanto, o "Part-Number" somente não é suficiente, uma vez que uma mesma peça pode possuir "Part-Numbers" diferentes em distintas montagens, mesmo que apresentem alguma semelhança, não ocorrendo isto com uma identificação via SCC [22].

O "Part-Number" é um número que pode possuir alguns dígitos inteligentes, que identificam uma peça dentro de um produto podendo indicar a que conjunto, sub-conjunto, etc., a mesma pertence. Sendo assim, este número, possui a sua utilidade como um fator de identidade universal de cada peça dentro e fora de uma empresa (figura 3.2). Entretanto, quando se trata de uma nova peça, as dificuldades quanto à recuperação de características de outras peças semelhantes, já fabricadas, começam a surgir. Muitas vezes a demora na recuperação de informações ou erro na cotação



de preço de um produto pode provocar sérios prejuízos. Justamente nesta e em outras lacunas, entram os SCC, possibilitando a localização rápida de peças, através de suas características.

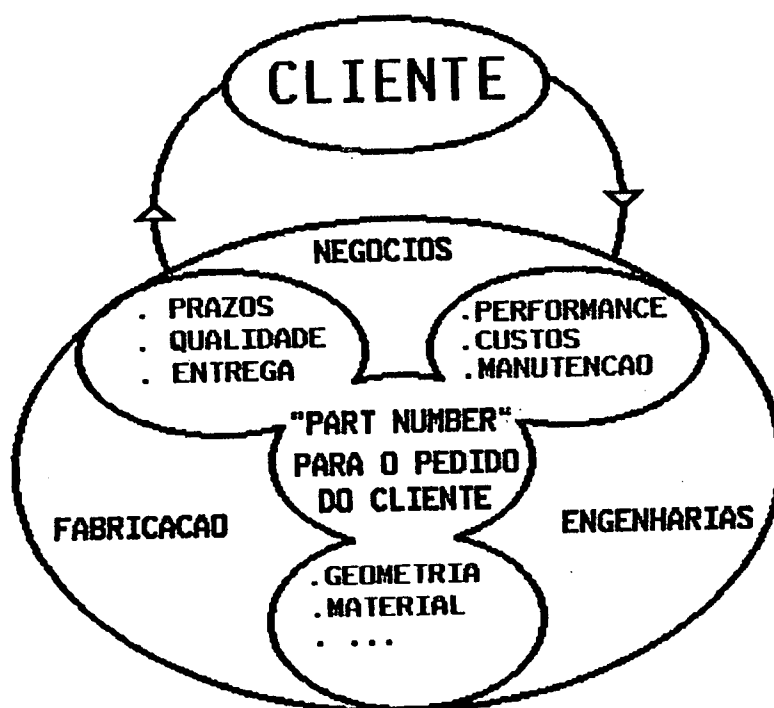


FIGURA 3.2 - Interação do "Part-Number" com a empresa [45]

Um outro aspecto limitante dos sistemas tradicionais é que, normalmente, estão baseados em regras, de certa forma, subjetivas por estarem em íntima dependência da memória das pessoas, apesar de existir apoio computadorizado. Desta forma, muitas vezes os dados poderão estar disponíveis, contudo ainda permanecerá a dificuldade em associar a "qual peça" exatamente pertencem.

Os SCC podem envolver em seus códigos diferentes características de distintas áreas de uma empresa, tais como, projeto, planejamento do processo, compras, vendas, programação NC e fabricação, como observado no capítulo 2. Com base nisto, os SCC não devem ser tomados como produto final de um programa de

implantação, mas, como uma etapa intermediária, onde a partir do mesmo serão desenvolvidos outros sistemas que propiciarão os reais benefícios da GT.

Desta forma, famílias de peças podem ser formadas ou recuperadas através das similaridades dos dígitos do código. Para isto, existem duas abordagens [26,30]:

- "characteristic data", onde a recuperação é feita através de uma faixa de valores de cada dígito, permitindo assim um relaxamento de algumas características desejadas (figura 3.3). Normalmente aplicada quando a estrutura do código apresenta-se matricial;

POSICAO DOS DIGITOS					
	1	2	3	4	5
VALORES DOS DIGITOS	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4
	5	5	5	5	5
	:	:	:	:	:

FIGURA 3.3 - Abordagem "characteristic dada"

- "code number field", onde a recuperação é feita pelos valores específicos dos dígitos, enfocando assim exatamente as características procuradas (figura 3.4). Normalmente aplicada quando a estrutura do código apresenta-se hierárquica.

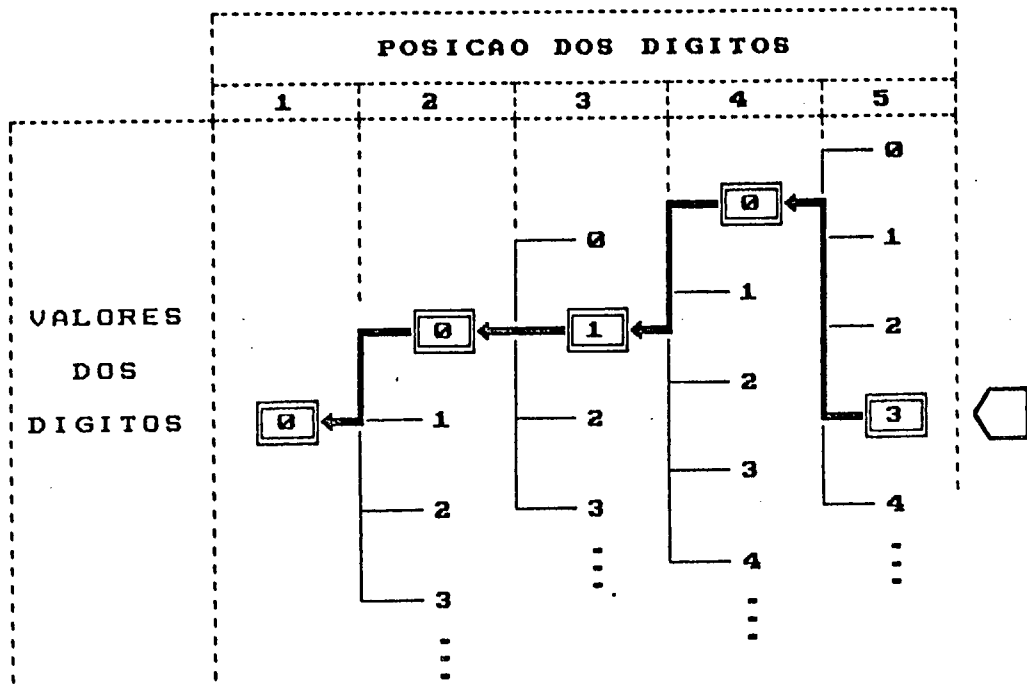


FIGURA 3.4 - Abordagem "code number field"

Deve-se salientar ainda que, com a utilização do computador, torna-se mais fácil a centralização de informações. Isto permite que numa mesma base de dados, estas, estejam disponíveis para cada setor em particular, embora centralizadas e tratáveis conjuntamente [41,62].

Os SCC podem ser considerados como um dos fatores para a integração dentro de uma empresa. Isto se deve basicamente, a duas principais razões, entre outras. A primeira está relacionada com o fato de um SCC reunir, em um único código de uma peça, informações de vários tipos de características, que devem possuir terminologias padronizadas para serem acessadas por distintas áreas da empresa (figura 3.5). A segunda razão, está no fato de que, para aplicação de um SCC, é necessário a criação de uma base de informações única. Assim sendo, a empresa passa a comungar das mesmas informações (universalidade), evitando conseqüentemente, a criação de bases de dados isoladas por cada setor [75].

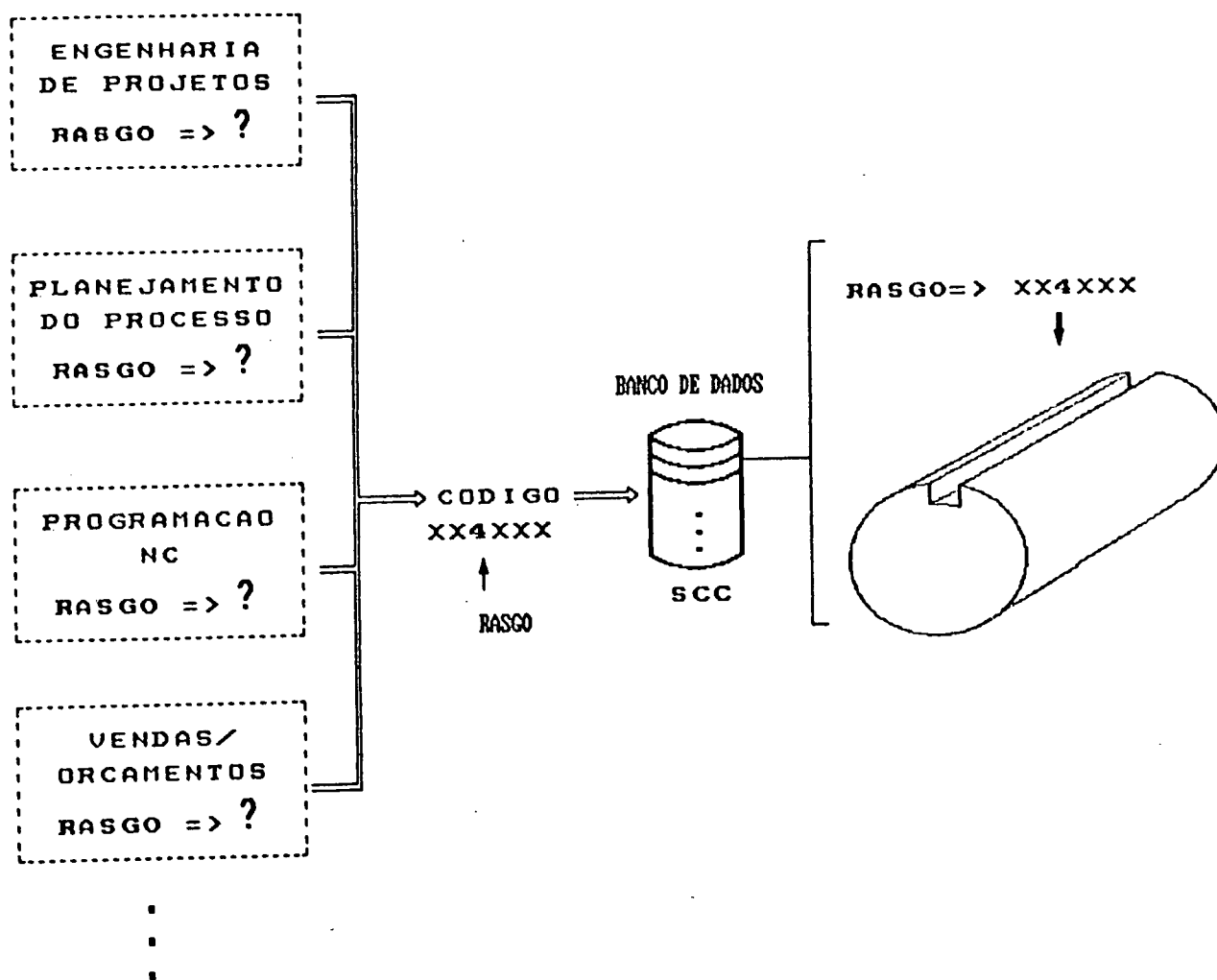


FIGURA 3.5 - Universalidade e Padronização

Isto, somado aos recursos computacionais hoje disponíveis, fornece a base de um Sistema Integrado (SI) para todas as aplicações de GT [13,41,43,100]. Este é um dos motivos que faz com que a GT assuma, através dos SCC, dentro do âmbito da fabricação integrada, uma importância fundamental no sucesso do conceito de CIM [41,55,75].

Classicamente, a GT tem sido usada como uma ferramenta de apoio à organização e à gestão de produção, também nos aspectos

de carácter burocrático, no sentido de diminuir o fluxo de desenhos e de planos de trabalho repetidos. Sendo assim, para uma boa implantação, muitos dos procedimentos tradicionais devem ser revistos, de forma a possibilitar um bom intercâmbio de informações entre os diferentes componentes de um sistema integrado de produção [19].

Basicamente, os SCC utilizam três formas de referenciar uma peça, que são:

- número de identificação;
- denominação;
- código de características.

Entretanto, para que esta estrutura funcione, é necessário uma reestruturação de todos os arquivos da empresa pelo número de identificação.

Como abordado anteriormente, um SCC não é essencial para a introdução da GT em uma empresa, mas aconselhável. A sua maior vantagem está em permitir uma análise sistemática da população de peças, sem dependência da memória das pessoas ou mudanças que venham a ocorrer.

### 3.1.1 - ESCOLHA DE UM SCC

A seleção de um SCC pode ser considerada uma tarefa bastante complexa, uma vez que existem muitos sistemas disponíveis no mercado. Orientações de consultores, podem economizar muito tempo com relação a escolha do sistema. Entretanto, normalmente eles se tornam especialistas em determinado campo de aplicação, podendo influenciar em uma definição não muito adequada para o

caso específico que está sendo tratado. Por esta razão, alguns aspectos básicos devem ser observados na seleção de um SCC, como [2,3,60]:

**Objetivo:** Deve-se questionar quais os principais objetivos do sistema, bem como, por que o mesmo é necessário e quais as áreas que dele serão utilizadas.

**Abrangência:** Conforme o objetivo do sistema, qual a população de peças que o sistema conseguirá abranger. No caso de uma população muito elevada, deve-se observar o tempo gasto na busca e recuperação de informações.

**Expansão/Flexibilidade:** Como normalmente os códigos necessitam modificações futuras, para melhor atender as exigências do mercado, considerar a possibilidade de expandir e/ou mudar o sistema.

**Automação:** Deve ser verificado, com bastante critério, como foi concebido computacionalmente o sistema, observando-se bases de dados, interfaces, integração com outros sistemas, etc..

**Eficiência:** Avaliar o número de dígitos disponíveis para se codificar uma peça eficientemente. Se o código possui poucos dígitos, verificar a possibilidade de aumentar.

**Custos/Tempo:** Devem ser avaliados aspectos de custo inicial, custos de eventuais modificações, "software" complementares, treinamentos, bem como, tempo avaliado para implantação total, etc..

**Simplicidade:** Deve-se verificar a facilidade de utilização do sistema, como um sistema "amigável", e quais as qualificações mínimas das pessoas para usá-lo.

Evidentemente, para cada empresa em específico, muitas outras questões podem ser levadas em consideração. Somado a isto, antes da escolha final por um ou outro sistemas, são recomendadas visitas a outros usuários para avaliações de aspectos complementares. Caso a empresa opte por um desenvolvimento próprio de um SCC, muitos destes aspectos também devem ser avaliados.

### 3.1.2 - A COMPUTAÇÃO NOS SCC

A aplicação inicial dos computadores nas empresas, foi como uma ferramenta de contabilidade. Mesmo no início dos anos 70, quando a capacidade interativa dos computadores era ainda primitiva, os projetistas e engenheiros de fabricação tinham poucas prioridades com relação a utilização do mesmo [49,62].

A introdução dos minicomputadores, liberou os profissionais técnicos da necessidade de acessar os "mainframes". Esta evolução surgiu em paralelo com o aumento das capacidades interativas dos sistemas.

Também com o surgimento da computação gráfica foi estimulada a utilização de computadores em atividades de engenharia. Isto contribuiu para o engrandecimento da aplicação do SCC [62].

Os primeiros SCC que surgiram, eram manuais. Os projetistas comparavam as características de seu rascunho, ou de seu projeto inicial, com o manual do código e, então, as codificavam. O processo tornava-se moroso e subjetivo, uma vez que dependia muito das interpretações dadas pelo codificador.

Hoje em dia, pode-se perceber que não tem muito sentido se falar em SCC ou até mesmo em GT e suas amplas aplicações, sem o

uso de computadores. Algumas restrições, limitando o número de dígitos ou os tipos e estrutura do código a ser usado, não fazem mais sentido, pois, para o computador estes não podem ser considerados fatores limitantes. Entretanto, mesmo apesar de toda esta flexibilidade a nível computacional, um Sistema de Codificação, uma vez desenvolvido para uma empresa, dificilmente pode ser utilizado por outra, sem modificações, devido às características e objetivos específicos de cada sistema e empresa [43]. Outro aspecto que também deve ser ressaltado, é com relação ao número de dígitos necessários para um código, uma vez que estes normalmente variam conforme o grau de detalhamento e a proposta requerida [22].

Basicamente, a maior ajuda do computador, no caso dos SCC, tem sido na automatização dos processos de codificação e classificação de peças [45]. Entretanto, com o avanço cada vez maior das tecnologias de computação e a grande disseminação dos SCC, começam a surgir sistemas que trazem a integração a nível computacional com CAD, CAPP, CAM e outros sistemas [22,100]. Também começam a surgir sistemas baseados em regras de Inteligência Artificial, onde, através de uma série de questões que são respondidas de forma interativa, pelo usuário, é gerado o código da peça. Outra tendência, são sistemas baseados no reconhecimento de "formas ou características" gerando ou não, necessariamente um código que pode ser transparente para o usuário. Isto passa a tirar das mãos de quem codifica, decisões quanto a interpretação do código [23,30].



Por esta razão, existem tendências hoje, que serão melhor abordadas adiante, que vem a complementar, e em alguns casos se opor aos SCC, pois, uma vez que os sistemas computacionais podem manusear todas as informações de uma peça, por que ainda existe a necessidade de um código visível para o usuário? Estes sistemas podem tratar tudo isto de forma transparente, podendo assim possuir uma eficiência muito maior que a de um código (muitas vezes extenso e complexo) por tratar características muito mais detalhadas e específicas da população de peças. Isto é o que acontece, por exemplo, com relação ao conceito de "feature based" ou reconhecimento de padrões [30].

Entretanto, deve-se aceitar estas tendências como normais, não devendo ser interpretadas, principalmente pelos admiradores da GT, como mudança de filosofia, mas sim de técnicas, pois ainda estão baseadas na utilização das características das peças. Somado a isto, a maior parte destas técnicas, não tem sido ainda, largamente aplicadas na prática [5,50,51,52].

Finalmente, para muitas empresas que não dispõem destes recursos computacionais, os SCC podem ser considerados ainda como um primeiro passo para a organização informatizada de seus bancos de dados, etapa esta que terá de ser dominada para aplicações futuras.

### 3.2 - SCC EXISTENTES

Com o objetivo de melhor exemplificar os SCC, serão apresentados alguns destes, existentes no mercado, de maior conhecimento e utilização.

GALAGER e BURBRIGE [2,3] apresentam uma grande variedade de SCC já desenvolvidos, podendo estes mesmos serem utilizados como base para o desenvolvimento de outros sistemas particulares. Contudo, com algumas excessões, os sistemas apresentados pelas bibliografias são muito resumidos, não oferecendo maiores detalhes. Neste sentido, são enfatizadas as características mais peculiares de cada sistema, tanto a nível de estrutura de código como a nível computacional. Isto se deve ao fato de muitos destes sistemas serem comerciais ou específicos para uma determinada aplicação.

Entretanto, estes sistemas podem ser aproveitados como uma rica fonte de informações para quem está iniciando o desenvolvimento de um SCC, pois, muitas de suas características e definições podem ser utilizadas, economizando assim tempo e dinheiro.

Entre os principais Sistemas de Codificação e/ou Classificação disponíveis na literatura, podem ser citados:

### 3.2.1 - OPITZ

Desenvolvido na Alemanha em 1970 por H. Opitz [2,3,10,21,26,32,60,70,102]. O sistema nasceu originalmente para estudo estatísticos de componentes, mas tem sido utilizado desde então, para a recuperação de peças e outras aplicações de Tecnologia de Grupo [2,3]. Este foi um dos sistemas pioneiros, tornando-se um dos mais divulgados em todo o mundo.

Basicamente o código é composto de 9 dígitos, divididos em dois campos. O primeiro com 5 dígitos, de estrutura híbrida, que enfoca características geométricas; no segundo 4 dígitos de

estrutura matricial que enfoca características tecnológicas mais relevantes para a fabricação, conforme mostrado na figura 3.6.

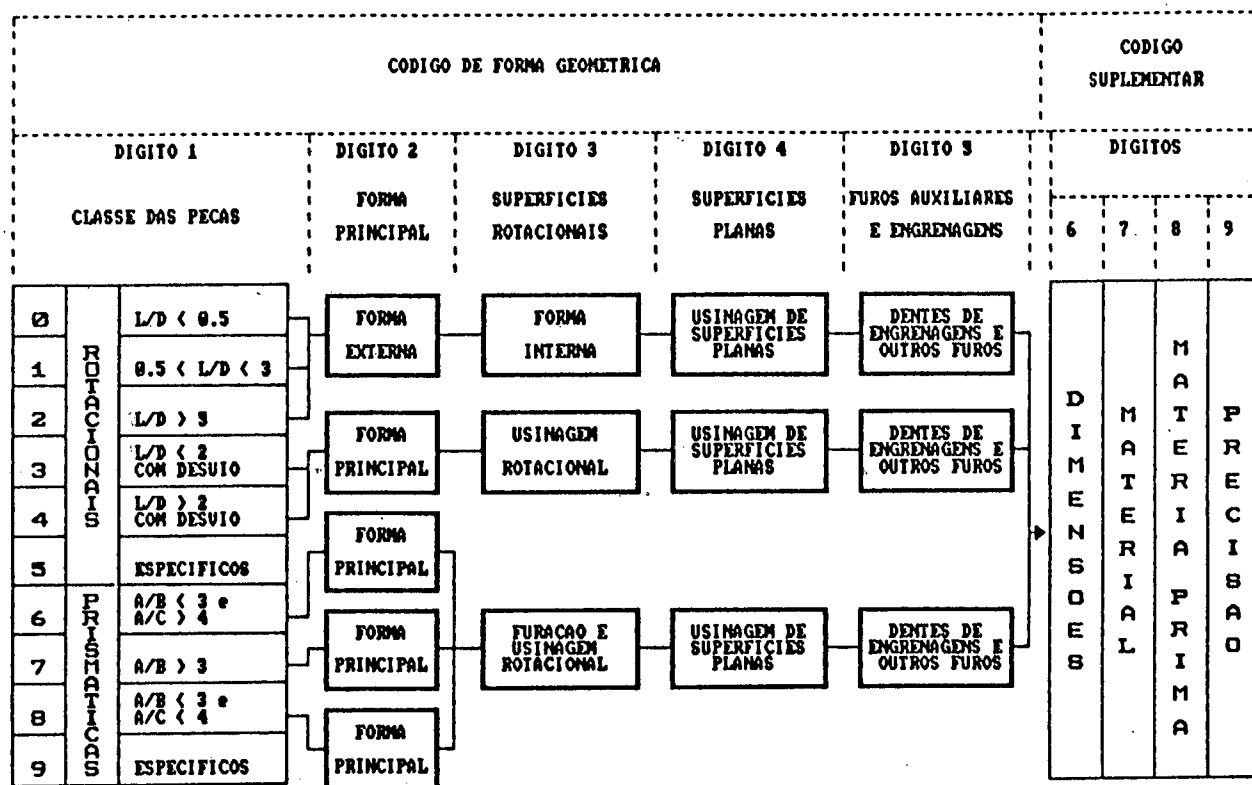


FIGURA 3.6 - Parte primária do código OPITZ [10,21]

Este sistema tem um universo de aplicação bastante amplo, podendo ser utilizado para peças usinadas e não usinadas. Convém salientar que, associado ao sistema, existe um código secundário que indica o tipo e seqüência de operações para a obtenção da peça, ou seja, a rota da peça através das máquinas (figura 3.7).

			CODIGO SECUNDARIO										
FAMILIA # 01	CODIGO DE FORMA GEOMETRICA	CODIGO SUPLEMENTAR	CORTE	INSPECAO # 1	FURCAO	TORNEAMENTO	FRESAMENTO	FRESAMENTO NC	INSPECAO # 2	TRATAMENTO TERM.	RETIFICA CILIND.	RETIFICA PLANA	REBARBAO
			28	41	01	95	54	66	25	53	33	07	73
12344657	04166	2409	X	X	X			X	X		X	X	X
14582636	01106	2408	X	X			X	X	X			X	
23311543	14166	2409	X	X	X	X				X		X	X
32749611	14166	3409	X	X			X			X			X
12549876	14106	3408	X	X	X	X	X			X			

FIGURA 3.7 - Parte secundária do código OPITZ [2]

Por último, pode-se observar que o sistema OPITZ não possui associado a ele um sistema computacional, sendo também um sistema livre (para utilização), não possuindo conseqüentemente suporte.

Existem muitos usuários que se basearam neste sistema para criação de seus SCC e perceberam a necessidade de modificações no mesmo. Isto pode ser considerado normal uma vez que cada sistema tem a sua especialidade. É um sistema de fácil utilização.

### 3.2.2 - CODE

Lançado comercialmente nos EUA em 1979, sendo comercializado pela MDSI (Manufacturing Data Systems, Inc.) [3,10,26,32,60]. Foi desenvolvido inicialmente por Allis Chalmers no final dos anos 60.

O sistema possui 8 dígitos hexadecimais em uma estrutura híbrida baseada no primeiro dígito (figura 3.8). Os dígitos de 1 a 6 caracterizam a forma geométrica e os dígitos 7 e 8 as dimensões da peça. O sistema não possui, na sua estrutura básica, dígitos para informações de material e tolerâncias [32,26]. Entretanto, como forma de suprir esta deficiência, o mesmo pode ser expandido para até 12 dígitos, cabendo aos 4 últimos, características como tratamento térmico, dureza, acabamento, material, custos de produção e outras julgadas necessárias.

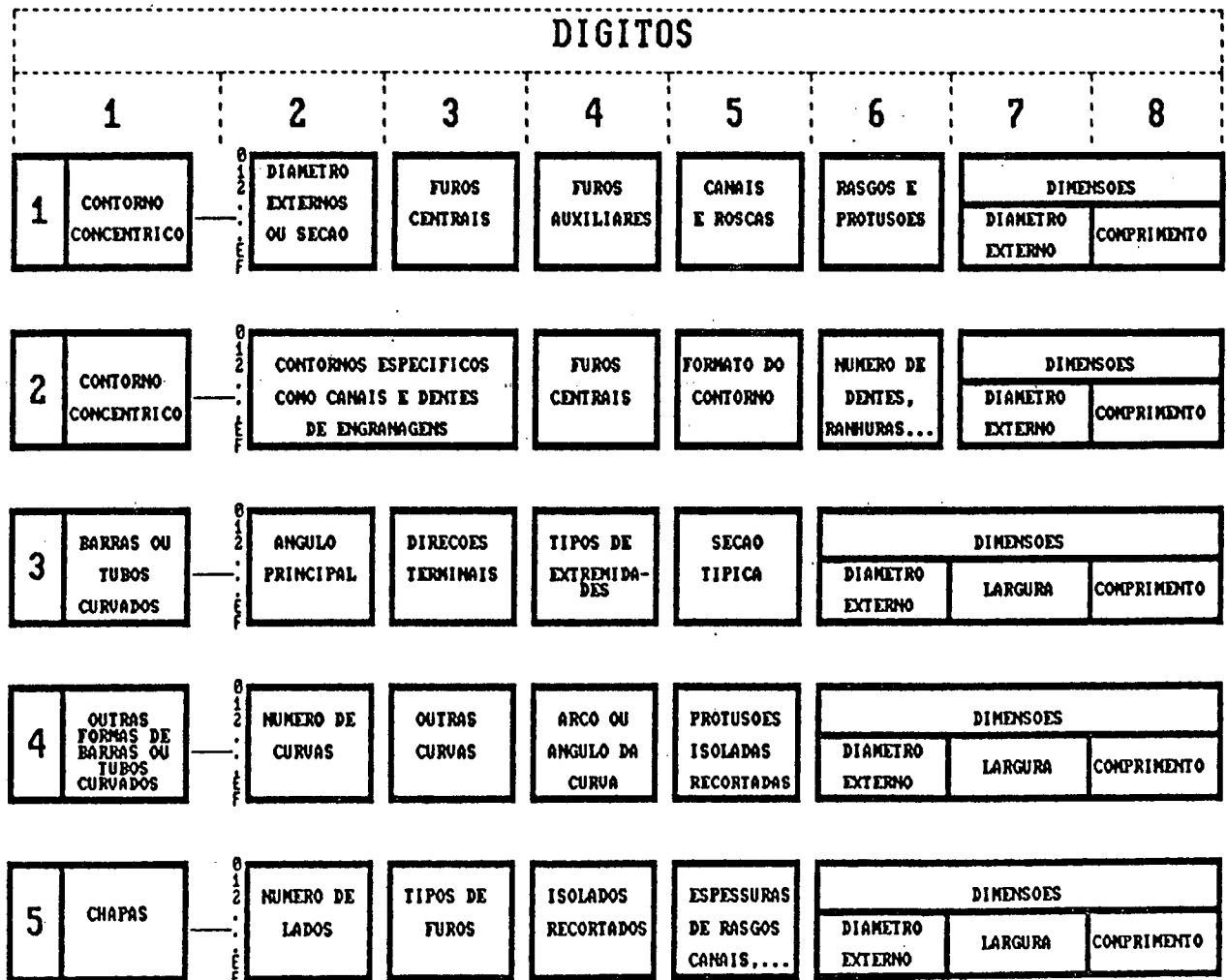


FIGURA 3.8 - Estrutura do Código "CODE" [10]

Grande parte dos dígitos são atribuídos a formas auxiliares. Por esta razão o sistema tem a capacidade de capturar uma grande quantidade de informações. Com relação as dimensões, o sistema utiliza-se apenas das duas de maior grandeza da peça, independentemente de se tratar do diâmetro ou raio.

Como este sistema possui um suporte computacional, propiciando além de um SCC uma base de dados, o mesmo pode ser utilizado na engenharia de projeto para a recuperação de dados (onde está a sua maior aplicação), também no planejamento do processo, compras, projetos de ferramentas, etc. [10,32]. A codificação é computadorizada, mas não interativa, sendo a introdução do código no sistema manual.

### 3.2.3 - DCLASS

O DCLASS (Design and Classification Information System) foi desenvolvido por Del Allem da Brigham Young University. Trata-se, além de um SCC, de um sistema de informações, podendo ser considerado um sistema "expert" que incorpora tabelas de decisão [32,35,60,61]. Embora seja um sistema de informações baseado em um código, a parte referente a peça, deste sistema, teve de ser desenvolvido, uma vez que nenhum vendedor comercial se dispôs a ceder seus sistemas para propostas educacionais e de pesquisas. Mesmo sendo sua primeira utilização no meio universitário, muitas companhias o tem usado para desenvolvimento de protótipo.

O sistema possui 8 dígitos em uma estrutura híbrida e está particionado em pequenos campos (figura 3.9), como forma básica (3 dígitos), características de forma (1 dígito), tamanho (1 dígito), precisão (1 dígito) e material (2 dígitos).

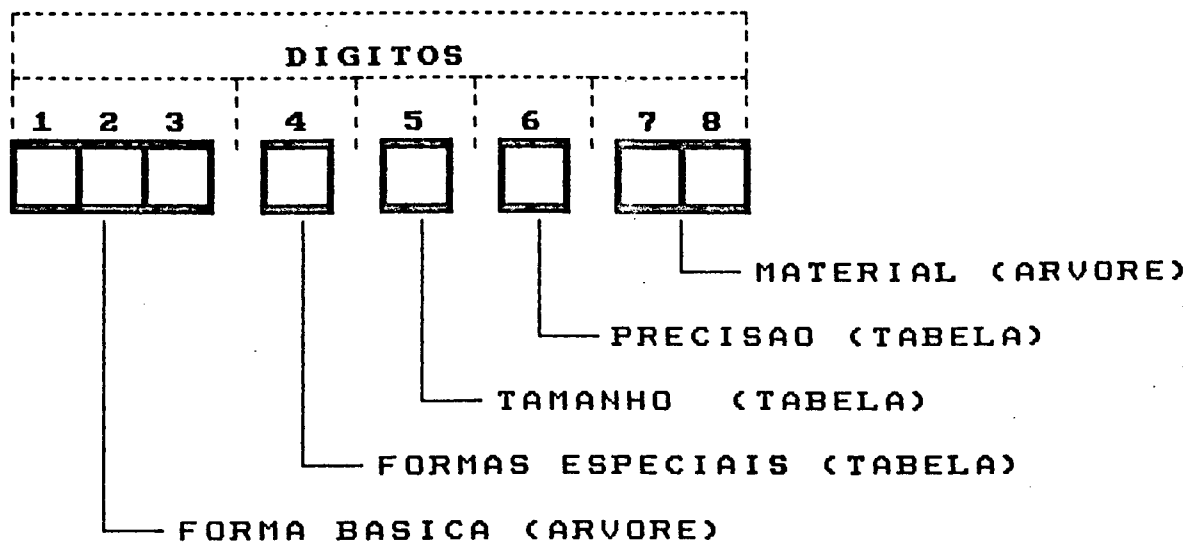


FIGURA 3.9 - Estrutura do código "DCLASS" [32]

Para a codificação de alguns campos deste sistema é utilizada uma estrutura em árvore, sendo que em cada nível da mesma é obtido uma parte do código (figura 3.10(a)). Para outra parte destes campos, existem tabelas que fornecerão o código (figura 3.10(b)).

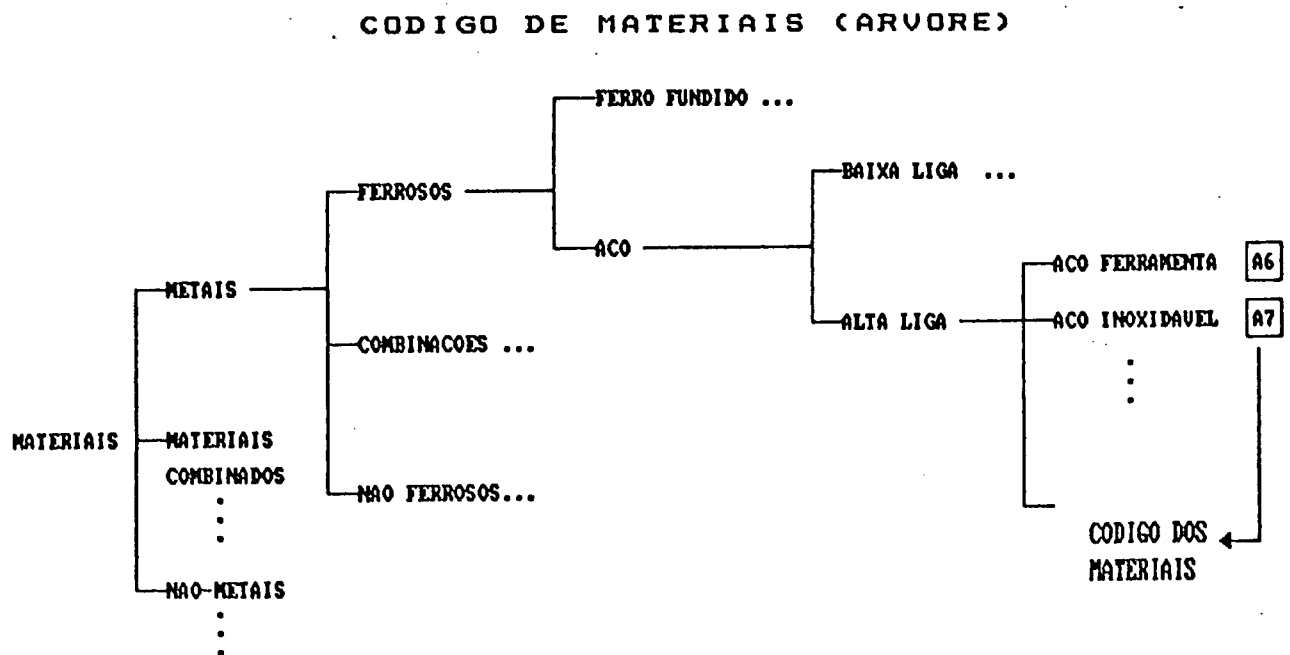


FIGURA 3.10(a) - Arvore do código "DCLASS" [60]

### CODIGO DE FORMAS ESPECIAIS (TABELA)

CODIGO DE FORMAS ESPECIAIS	NUMERO DE FORMAS ESPECIAIS
1	1
2	2
3	3
4	5
5	8
6	13
7	21
8	34
9	>34

FIGURA 3.10(b) - Tabela do código "DCLASS" [60]

#### 3.2.4 - MICLASS

O MICLASS (Metal Institute Classification System) foi desenvolvido por Netherlands Organization for Applied Scientific Research (Holanda). É um dos mais populares sistemas comerciais disponíveis no EUA [10,15,22,26,28,32,60].

O sistema consiste de duas partes principais (figura 3.11):

- A primeira, é um código de 12 dígitos que é utilizado para classificação de características de engenharia e fabricação. Entre estas, apresentam-se a forma principal, elementos de forma, posição dos elementos, dimensões principais, razão de dimensões, dimensões auxiliares, tolerâncias e material;
- A segunda, parte do código é opcional e contém 18 dígitos, voltada para necessidades específicas de cada empresa, como tamanho de lote, custos, etc..



Os 12 primeiros dígitos são universais, não devendo ser mudados de empresa para empresa. Isto é vantajoso, uma vez que diferentes divisões de uma mesma empresa podem ter uma classificação uniforme. A desvantagem é quando estes 12 dígitos não correspondem às necessidades da empresa.

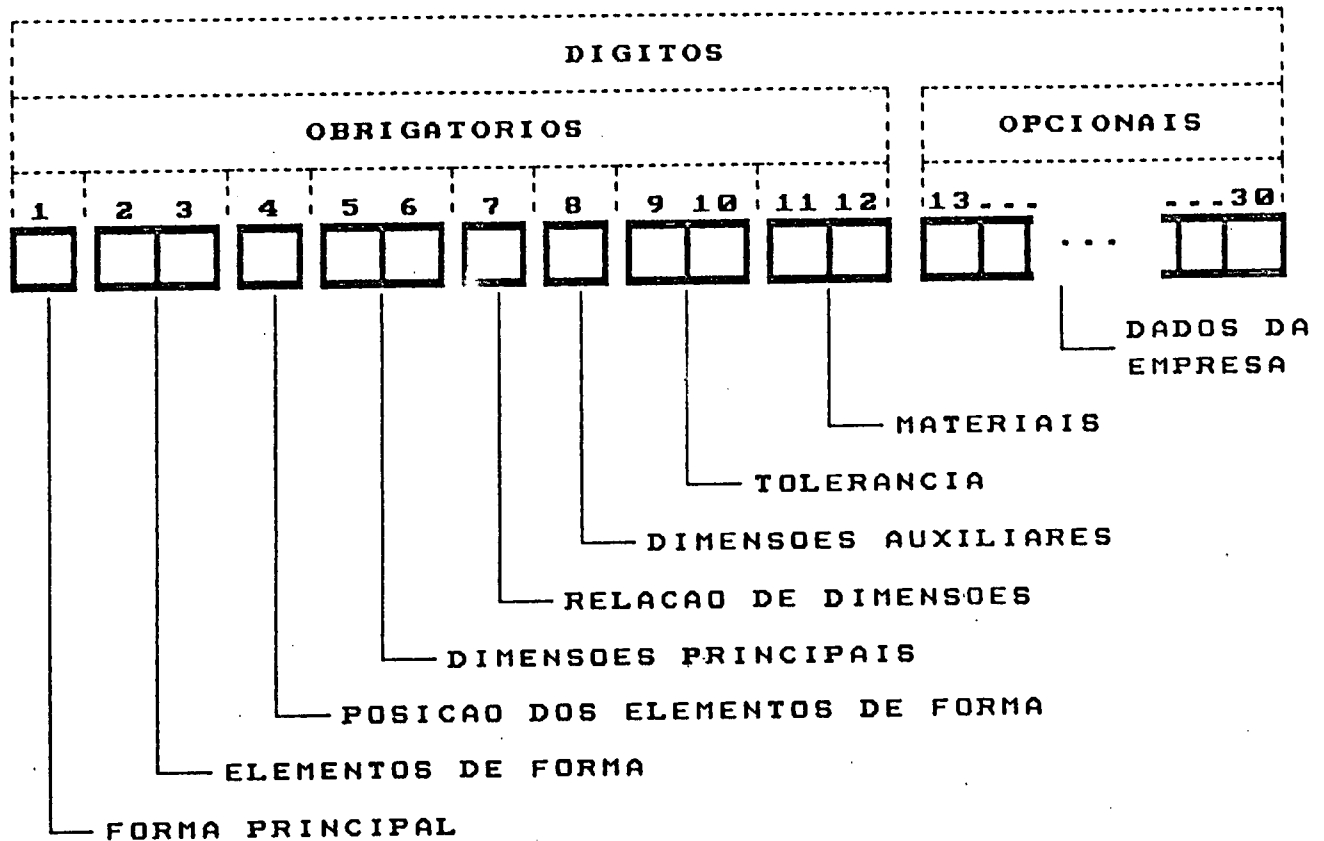
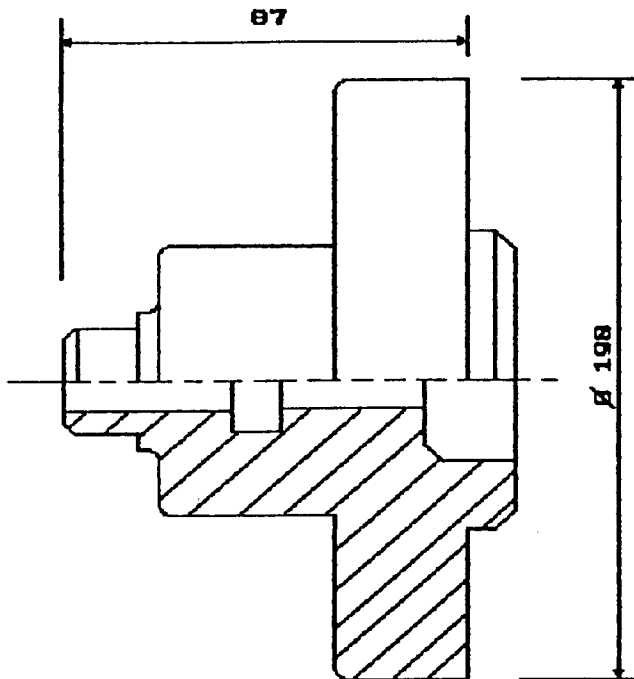


FIGURA 3.11 - Estrutura do código "MICLASS"

Para compensar o tamanho do código, o sistema possui várias interfaces interativas que ajudam o usuário. Por exemplo, para a codificação de uma peça, uma série de perguntas (respondidas de modo afirmativo ou não) são feitas. Com base nas respostas, o código vai sendo montado. Com isto, as possibilidades de erros de codificação são bastante minimizadas, como mostrado na figura 3.12.



**MATERIAL : St 60**  
**CHANFROS : 45 °**  
**RAIOS : 3.2 mm**

**DRAWING NO. SN-4517**

**IS IT A ROTARY COMPONENT? YES**

**LARGEST DIAMETER AND LENGTH? 196 87**

**DOES THE ROTARY FORM DEVIATE? NO**

**IS THE AXIS OF ROTATION THREADED? NO**

.

.

.

**ARE THE INSIDE DIAMETERS DECREASING  
FROM BOTH ENDS? NO**

.

.

.

**IS THE LENGTH TOLERANCE LESS THAN 0.3  
MM? YES**

**ANY FORM TOLERANCE? NO**

**MATERIAL TYPE? St60**

**DRAWING NUMBER = SN-4517**

**CLASSIFICATION NUMBER = 1330 4021 2104**

\*\*\*\*\*

**DO YOU WISH TO CONTINUE WITH THE NEXT  
DRAWING? NO**

**FIGURA 3.12 - Seção interativa do "MICLASS" [3]**

O MICLASS, inclui vários programas para ajudar na análise das informações de classificação e codificação, que estão armazenadas em arquivo. Sendo assim, permite uma manipulação muito fácil dos dados armazenados nele. Dentre algumas das suas utilizações, podem ser citados a recuperação de projetos, padronização da fabricação e de desenhos, aumento no controle e

velocidade do fluxo de material e otimização na utilização de máquinas. Todas estas facilidades computacionais, fazem-no um software difundido em todo os EUA. No Brasil, a Clark Equipamentos instalou este sistema com resultados satisfatórios [17,77].

### 3.2.5 - SISTEMA KK

Desenvolvido pela JSPMI (Japan Society for Promotion of Machine Industry) [32,54,61]. Os sistemas KK foram desenvolvidos principalmente para peças usinadas, com enfoques em processos de usinagem (corte e retífica).

Existem 3 versões dos sistemas KK, que são : KK1 (1970), KK2 (1973), ambos com 13 colunas e KK3 (1976) tendo 21 colunas. Este último é o mais aperfeiçoado dos três, oferecendo um uso comum para projeto e processos de usinagem (figura 3.13).

Os campos do tipo de material e nome/função da peça, possuem 2 dígitos cada e apresentam uma forma de matriz, sendo o primeiro dígito uma divisão mais generalizada e o segundo, um detalhamento dentro de cada dígito anterior. No caso dos nomes/funções das peças, isto pode ser confuso, uma vez que peças idênticas podem possuir funções diferentes.

Dos 21 dígitos, o sistemas possui 13 que representam os detalhes de forma e os tipos de processos de usinagem.

Este sistema não apresenta suporte computacional, sendo dividido em duas árvores principais que são peças rotacionais e peças não rotacionais.

CODIGO PARA PECAS ROTACIONAIS			
1	NOME DA PECA	CLASSIFICACAO GERAL	
2		DETALHE DE CLASSIFICACAO	
3	MATERIAIS	CLASSIFICACAO GERAL	
4		DETALHE DE CLASSIFICACAO	
5	DIMENSOES PRINCIPAIS	COMPRIMENTO	
6		DIAMETRO	
7	FORMAS PRIMARIAS E RELACAO DAS DIMENSOES PRINCIPAIS		
8	DETALHES DE FORMA & TIPOS DE PROCESSOS DE USINAGEM	SUPERFICIE EXTERNA	SUPERFICIE EXTERNA/FORMA PRIMARIA
9			ROSCA CONCENTRICA
10			RASGOS FUNCIONAIS
11			FORMAS ESPECIAIS
12			CONFORMACAO
13			SUPERFICIES CILINDRICAS
14	SUPERFICIE INTERNA	FORMA INTERNA PRIMARIA	
15		SUPERFICIE CURVA	
16		SUPERFICIE PLANA E CILINDRICA	
17	SUPERFICIE FINAL		
18	FUROS NAO CONCENTRICOS	DISTRIBUICAO REGULAR DOS FUROS	
19		FUROS ESPECIAIS	
20	PROCESSO DE NAO USINAGEM		
21	TOLERANCIAS		

FIGURA 3.13 - Código "KK3" [32]

### 3.3 - NOVAS TENDÊNCIAS

Como comentado anteriormente, a GT é uma boa ferramenta para resolver parte dos problemas dos sistemas de fabricação modernos. Também se percebe, que devido a todas as suas atribuições e vantagens, um maior sucesso da mesma passa pela implantação de um SCC.

Neste sentido, muitos trabalhos tem sido desenvolvidos, com base em ferramentas computacionais disponíveis atualmente, buscando sempre uma maior eficiência dos SCC. Ficaria fora da realidade atualmente, falar-se em um SCC manual ou tão fechado e rígido que, para escolha de qualquer dígito, o usuário tenha que consultar, obrigatoriamente, manuais.

Um dos aspectos considerados limitantes, hoje, nos SCC, é o fato da interpretação do desenho e a codificação serem de responsabilidade do usuário [50]. Somado a isto, apresentam-se os problemas relativos à formação de famílias de peças. Neste sentido, uma coletânea junto a literatura foi feita, objetivando uma visão, bastante resumida, de algumas tendências ou abordagens que têm surgido com o objetivo de complementar e melhorar as aplicações dos SCC dentro da GT chegando, em alguns casos, a abordagens completamente novas.

Wang e Chang [50], apresentam uma proposta baseada na interpretação das características de superfícies, usando modelos de "wire frame" para representar peças rotacionais simétricas (2D), gerando, assim, automaticamente um código (figura 3.14).

A implementação foi feita utilizando o AutoCAD como sistema CAD e o KK3 como sistema de codificação, por ser considerado,

pelos autores da proposta, um dos mais compreensíveis SCC. Basicamente, o sistema apresenta a seguinte estrutura:

**Pré-processador** - Extrai as entidades do desenho (pontos, linhas, e círculos) e as transforma em um arquivo de saída com um formato determinado;

**Processador Principal** - Executa uma pesquisa inteligente para a identificação de todas as superfícies características de uma dada peça. Gera uma solução praticável e, com base em regras, tenta unificar esta solução. Cada superfície identificada, é associada a um código de superfície, conforme exemplificado na figura 3.15.






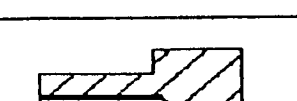
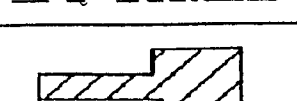
CODIGO	CARACTERISTICA DE SUPERFICIE BASICA	LOCALIZACAO	EXEMPLO
1	CILINDRO LONGITUDINAL	EXTERNO	
2	FACE	EXTERNO	
3	CONE	EXTERNO	
4	ARCO CONVEXO	EXTERNO	
5	ROSCA	EXTERNO	
6	CILINDRO LONGITUDINAL	INTERNO	
7	FACE	INTERNO	

FIGURA 3.14 - Tabela dos Códigos de Superfície [50]

**Módulo de Entrada de Tolerâncias** - Permite uma correção "amigável" com o usuário para a introdução de tolerâncias dimensionais, acabamentos de superfícies e tolerâncias de geometria. Estes dados serão acrescentados ao arquivo de saída do processador principal;

**Pós-processador** - Escreve as informações relatadas de todas as superfícies usinadas dentro do arquivo de saída, sendo este então, quem alimenta o programa de codificação automática.

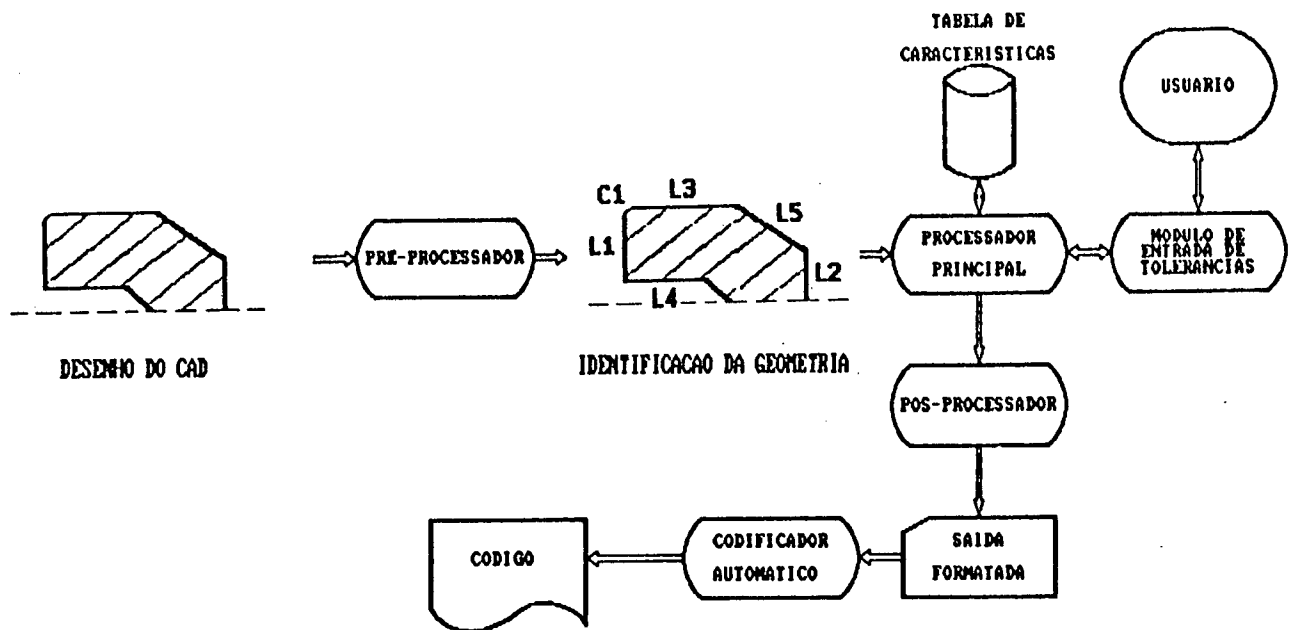


FIGURA 3.15 - Geração do código através de "wire frame" [50]

Com base em uma concepção desta natureza, poderia-se ter, a princípio, qualquer sistema CAD gerando qualquer código, eliminando assim o problema da interpretação do desenho e geração do código pelo usuário.

M. R. Henderson [69] apresenta um sistema semelhante ao anterior, contudo desenvolvido para analisar modelos sólidos de peças (esquemas de CSG e B-rep), gerando um código de GT através de "form feature", ou, características de formas (nesta seção será melhor explicado o conceito de "feature"). O sistema, primeiro, reconhece "features" de baixo e médio nível, que são consideradas primitivas sólidas (eixos, vértices, etc.), e então constroi macro "feature", ou, "features" de alto nível (furos, rasgos, etc.), que podem ser interpretados dentro do código. Para tanto, o sistema utiliza programas inteligentes não determinísticos. Basicamente, o sistema possui 2 módulos, ambos baseados em regras pré-definidas:

- Reconhecedor de "feature" - Converte os modelos sólidos em "feature" primitivas (figura 3.16);

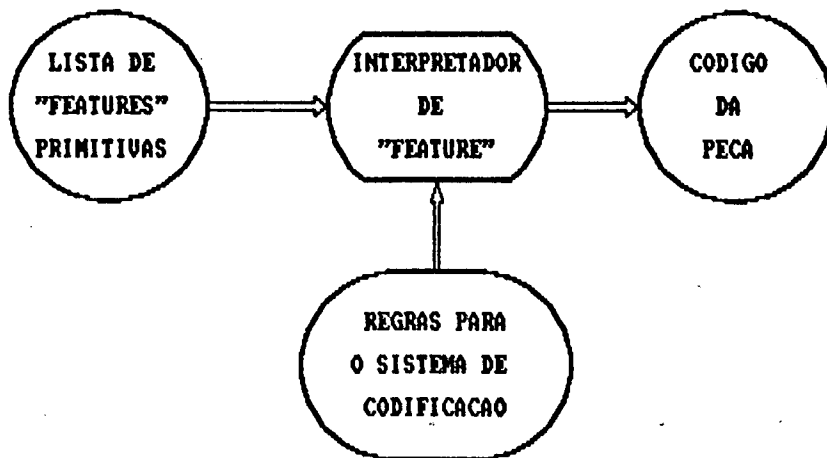


FIGURA 3.16 - Reconhecimento das "features" [69]

- Interpretador de "feature" - Com base nas "features" primitivas, cria o código da peça (figura 3.17).



O SCC escolhido foi o DCLASS, devido ao seu fácil acesso e aceitação entre as indústrias americanas, conforme o autor.

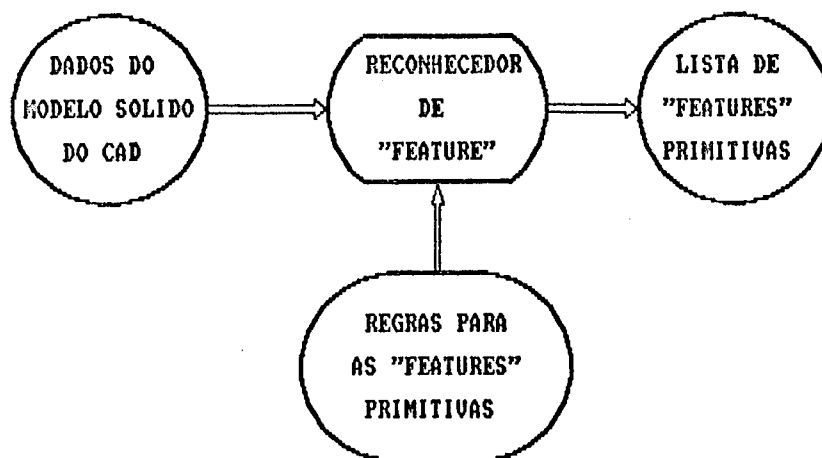


FIGURA 3.17 - Interpretação da "feature" [69]

GRUM, LOGAR, HLEBANJA e PEKLENIK [51], apresentam uma abordagem diferente onde dispõe-se de um banco de dados a ser usado em conjunto pelo CAD/CAPP/CAM baseado nos princípios da GT.

Este banco de dados é composto de elementos com formas primitivas parametrizadas, gerando uma matriz de primitivas para formar componentes rotacionais e não-rotacionais (figura 3.18).

Sendo assim, o projetista escolhe as primitivas que a peça possui para montá-la com combinações e aceitação destas interativamente. Como este banco de dados deve servir ao projeto, planejamento do processo e fabricação, ele contém 5 níveis de informações :

- . representação de formas;
- . dimensões com tolerâncias;
- . qualidade de superfícies;
- . informações sobre fabricação;
- . dados organizacionais e designação de material.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0				OUTRAS FORMAS EXTERNAS			OUTRAS FORMAS INTERNAS			$A: 250 - < 500 \text{ mm}$
1										$A: 500 - < 1000 \text{ mm}$
2										$A \geq 1000 \text{ mm}$
3										$A/B = 1 - < 2$
4										$A/B = 2 - < 4$
5					OUTROS FUROS PRINCIPAIS				OUTROS FUROS	$A/B \geq 4$
									FUROS	

FIGURA 3.18 - Matriz de formas primitivas [51]

Estes dados estão estruturados em diferentes níveis para a montagem da peça (figura 3.19). O material é o atributo da peça, as dimensões são atributos das primitivas e a qualidade de superfície e fabricação são atributos das faces primitivas.

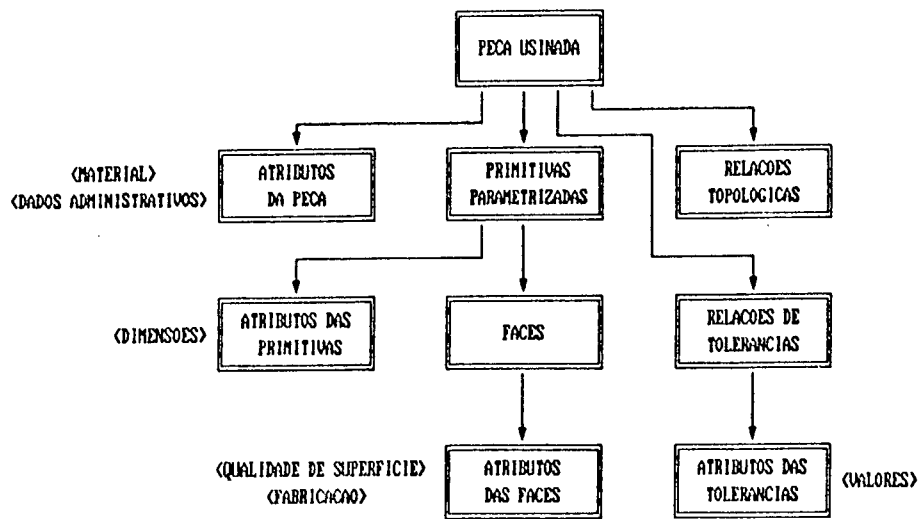


FIGURA 3.19 - Estrutura das características [51]

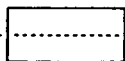
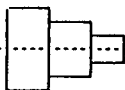
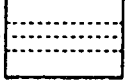
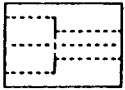
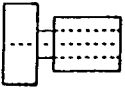
Para o processo de formação de famílias, uma peça já codificada é utilizada como referência, possuindo, assim, um "Nível Potencial" estipulado. Este trabalho não entrará em maiores detalhes com relação ao método empregado, por não ser



A diferença entre este sistema e os anteriores está no fato de que a identificação das características das peças é feita pelo projetista, enquanto, nos anteriormente apresentados é feita pelo computador. Isto se torna vantajoso quando a natureza das peças é diversificada, pois, o tratamento computacional para isto, fica mais complexo, com uma eficiência limitada.

E. V. Gonçalves [30] apresenta um sistema para formação de famílias de peças, na mesma linha da anterior, que integra a recuperação de peças para o projeto com aplicações no planejamento do processo.

O sistema possui um módulo de formação de famílias de peças, que está baseado na codificação binária, na forma de vetores, de peças de acordo com um conjunto de "features", que são tratados como variáveis binárias ("0" ou "1"), e dimensões que são tratadas como variáveis reais, como mostrado na figura 3.21. Estes códigos são armazenados para a formação de famílias.

CARACTERISTICA	DESCRICAO	ESBOCO
1	UNIFORME SEM CARACTERISTICAS DE FORMA	
2	ESCALONADO EM UMA DIRECAO	
3	FURO PASSANTE AXIAL	
4	FURO PASSANTE ESCALONADO EM UMA DIRECAO	
5	ROSCA EXTERNA	

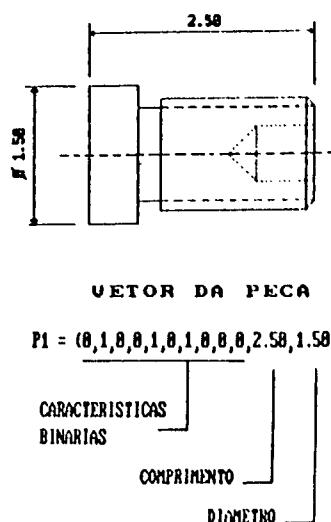


FIGURA 3.21 - Peça codificada na forma binária [30]

A formação das famílias de peças, é feita em dois passos. O primeiro divide as peças em grupos, de acordo com a forma, também chamada, "features" qualitativas. Uma vez obtidos estes grupos, são então formadas novas famílias de acordo com as "features" quantitativas (figura 3.22). No tratamento dado aos vetores, podem existir pesos diferenciados, conforme as características que se deseja dar maior ênfase.

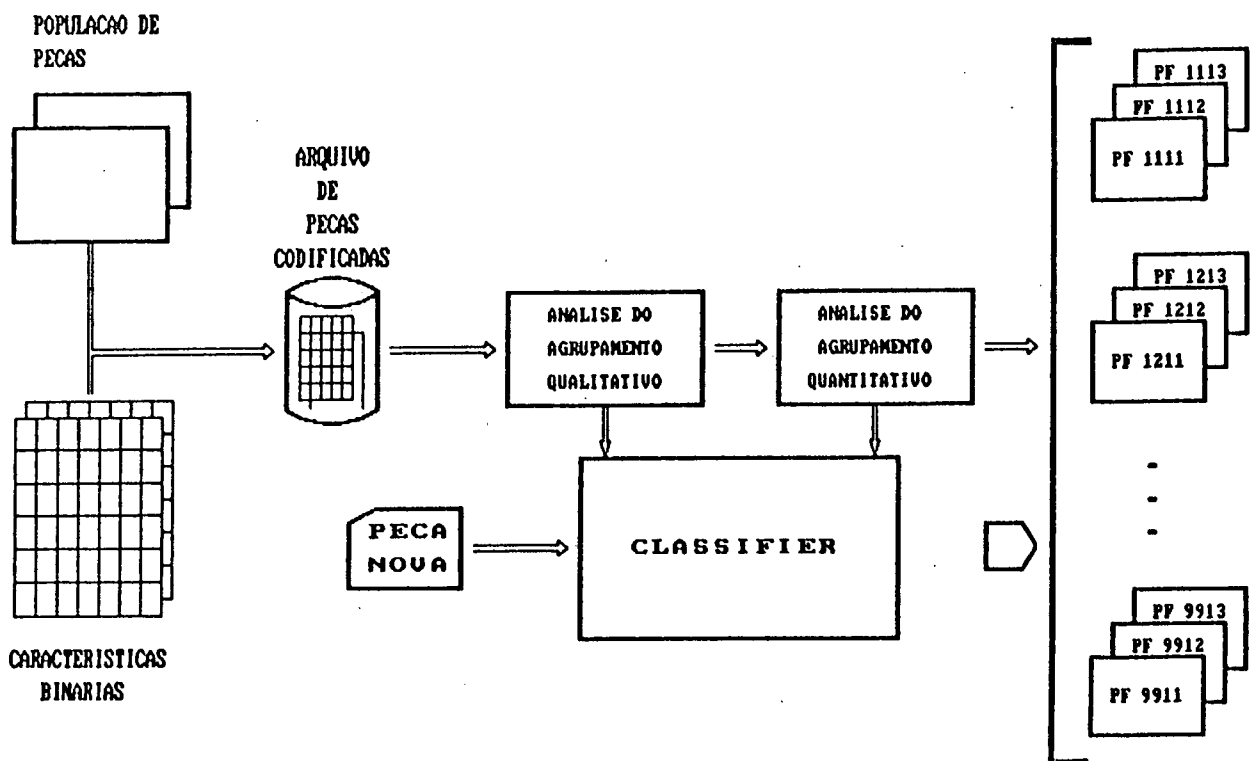


FIGURA 3.22 - Formação e recuperação de famílias de peças [30]

Estas famílias de peças são armazenadas em arquivos específicos formando o banco de dados de Tecnologia de Grupo.

Quando uma nova peça é executada, a mesma é classificada dentro das famílias existentes. Caso não haja uma família, uma nova é criada. Este módulo é chamado CLASSIFIER (figura 3.22).

Na recuperação de uma peça o procedimento é o mesmo, entretanto, em vez de classificar a peça em uma família, são recuperados dados sobre aquela família.

Yu-Tong Chen e Robert E. Young [52] apresentam uma abordagem de um sistema "expert", para a geração de códigos. O sistema incorpora os conhecimentos e experiências de técnicos da área, tendo um conjunto de 163 regras, para geração do código (figura 3.23). O sistema de codificação utilizado foi o UMASS (criado por G. Boothroyd da Universidade de Massachusetts). Tal sistema possui 3 dígitos baseados na forma geométrica, características tecnológicas e simetrias, sendo direcionado para resolver os problemas de montagem via robôs. Nesta mesma linha apresenta-se um outro sistema já mais consagrado no mercado, o MICLASS (mostrado no item 3.1.4). É um sistema de codificação bem mais genérico e também se baseia em regras para a geração do código [22].

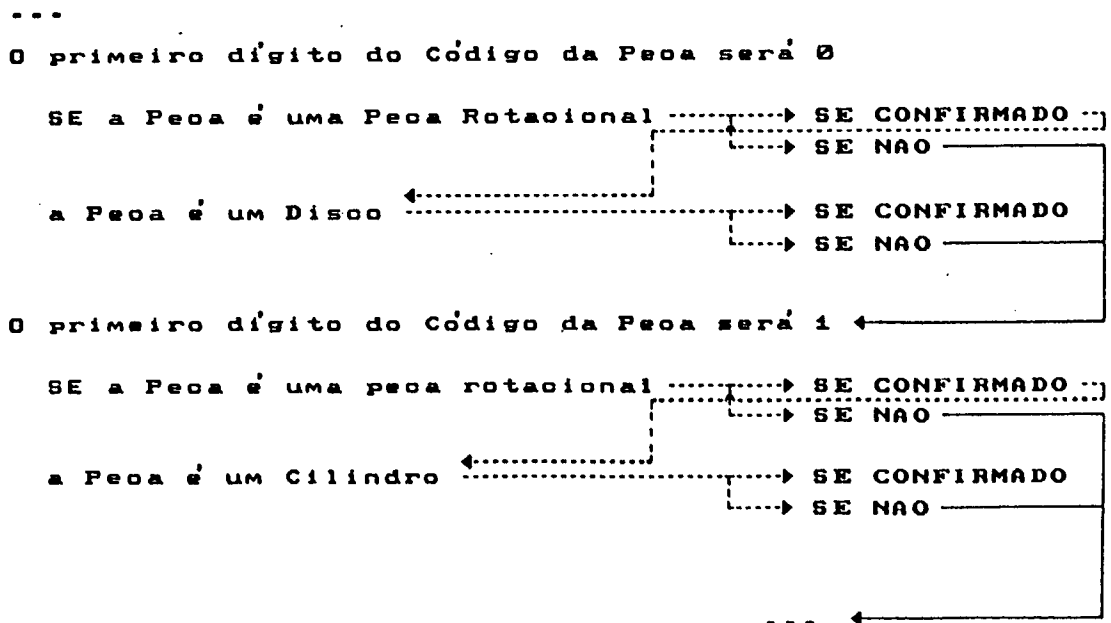


FIGURA 3.23 - Procedimento com base em regras [52]

Richard E. Billo, Rob Rucker e Dan. L. Shunk [71], abordam algumas questões básicas sobre possibilidades de integração de SCC/GT com um banco de dados de engenharia, ou seja, banco de dados que pode conter dados de geometria, dados tecnológicos, físicos e outras propriedades. Para isto, são abordadas 5 alternativas estudadas, entre elas:

- 1) Um sistema de GT "standalone" - Normalmente, são sistemas projetados para serem adaptados pelo usuário final. Sobre este ponto de vista, tornam-se bastante flexíveis, contudo, normalmente são incapazes de se comunicar com um banco de dados de engenharia geral. Deve-se salientar que muitos SCC desenvolvidos são completamente isolados dos outros sistemas computacionais da empresa, obrigando ao usuário, quando recuperada uma peça, mudar de ambiente ou até de computador para buscar os dados da mesma.
- 2) Um Sistema de Classificação de GT definido sobre uma estrutura de um Banco de Dados Relacional: Neste caso não se possui mais uma árvore de código e sim uma matriz binária, consistindo a mesma de todos os atributos que descrevem a peça. Assim sendo, o usuário com base em uma linguagem própria deste Banco de Dados, recupera as peças que possuam as características de seu interesse.
- 3) Um Sistema de Classificação e Codificação de GT, definido sobre um Banco de Dados Relacional: Este sistema é semelhante ao anteriormente apresentado com a vantagem de que um dos parâmetros seria um código, poupando ao usuário, extensas descrições quando da recuperação de uma peça. Isto implicaria,

obviamente, na necessidade deste conhecer a estrutura do código.

- 4) Um software de GT fornecido pelo vendedor, interfaceado com o Banco de Dados Relacional: Este sistema seria a interface do sistema apresentado acima com um pacote de GT. O usuário faz, então, toda uma identificação das características da peça através de menus do "software" de GT. Finalizado isto, as informações armazenadas são automaticamente executadas por uma subrotina conectada ao "software" de GT. Estas informações seriam automaticamente acessadas ao banco de dados de forma igual ao sistema anterior, entretanto, para isto seria necessário o usuário sair do ambiente de GT, e entrar no ambiente do banco de dados.
- 5) Pacote de GT desenvolvido pelo Cliente: Com o objetivo de evitar os problemas expostos acima, o cliente projeta um "software" de GT, que armazena e acessa informações do banco de dados relacional desenvolvido. Agora o processo de GT e BD são processados contínua e juntamente. O usuário poderá acessar e utilizar o sistema tanto via os menus do "software" de GT, como as facilidades da linguagem de Banco de Dados Relacional.

A figura 3.24 mostra um quadro de vantagens e desvantagens de todas estas propostas, apontando esta última como a melhor de todas, entretanto a escolha mais apropriada deve estar baseada nas necessidades específicas de cada empresa.



CARACTERISTICAS	PROPOSTA 1	PROPOSTA 2	PROPOSTA 3	PROPOSTA 4	PROPOSTA 5
REPRESENTACAO FORMATADA DE DADOS	N	S	S	S	S
RECUPERACAO ATRAVES DO CODIGO, ATRIBUTOS E NUMERO DE IDENTIFICACAO	S	N	S	N	S
MECANISMOS INTERATIVOS	N	N	N	S	S
MANUTENCAO FACIL DO SISTEMA	S	S	S	S	N
PROPOSTA DE BANCO DE DADOS DE GERACAO UNICA	N	S	S	N	S
BAIXO CUSTO	N	S	S	N	S
SISTEMA AMIGAVEL	S	N	N	N	S
NUMERO TOTAL DE VANTAGENS	2/7	4/7	5/7	3/7	6/7

S=SIM / N=NAO

FIGURA 3.24 - Vantagens e desvantagens dos "software" de GT [71]

Como se pode perceber no exposto acima, a abordagem de "feature" tem aparecido em alguns dos sistemas computacionais apresentados [30,51,69]. Basicamente dentro desta abordagem de "feature", termo usado em diversos países sem tradução, as peças apresentam-se descritas por elementos, que representam seus atributos tecnológicos e forma geométrica, dispensando assim a necessidade de um código para tal [5,9,63,69,88].

Normalmente, os sistemas CAD permitem a criação de informações gráficas através da manipulação de entidades geométricas e topológicas ("wire-frame", modelamento de superfícies, modelamento de sólidos). Entretanto, todas estas formas de representação de geometria podem ser consideradas de

baixo nível, para uma compreensão abstrata da forma da peça. Existem, basicamente, quatro diferentes formas de reconhecimento e manipulação de características de formas das peças [63,66]:

- Extração de "Features": Baseado em técnicas de "pattern recognition", análise de "graph-based", sistemas inteligentes ou decomposição de volume. Não se torna viável para um amplo espectro de peças.
- Reconhecimento Interativo: Feito interativamente pelos projetistas, o sistema permite juntar atributos para identificar "features". Como o sistema depende muito do usuário, torna-se tedioso e sujeito a erros.
- Construção Interativa de "features" de forma geométrica: Manipula primitivas volumétricas para a construção de formas desejadas.
- Projeto com "features": Usa um modelador de "features" e uma biblioteca de formas de "features" paramétricas, que são arranjados e combinados para construir uma peça.

Assim sendo, não somente as formas geométricas podem ser "features" para ser incluídas no modelo de descrição, mas também, os dados tecnológicos de processo de fabricação, material, tolerância, e outros (figura 3.25(a)) [32,63,88]. Neste sentido, a medida que a peça é criada com suas "features", automaticamente vão sendo incorporados, ao histórico destas, vários dados (material, tolerâncias, processos, etc.) que podem variar desde o projeto até a montagem (figura 3.25(b)). Desta forma, uma vez escolhido uma "feature", vai estar associado a ela uma série de valores paramétricos que devem ser preenchidos pelo projetista [5,9].

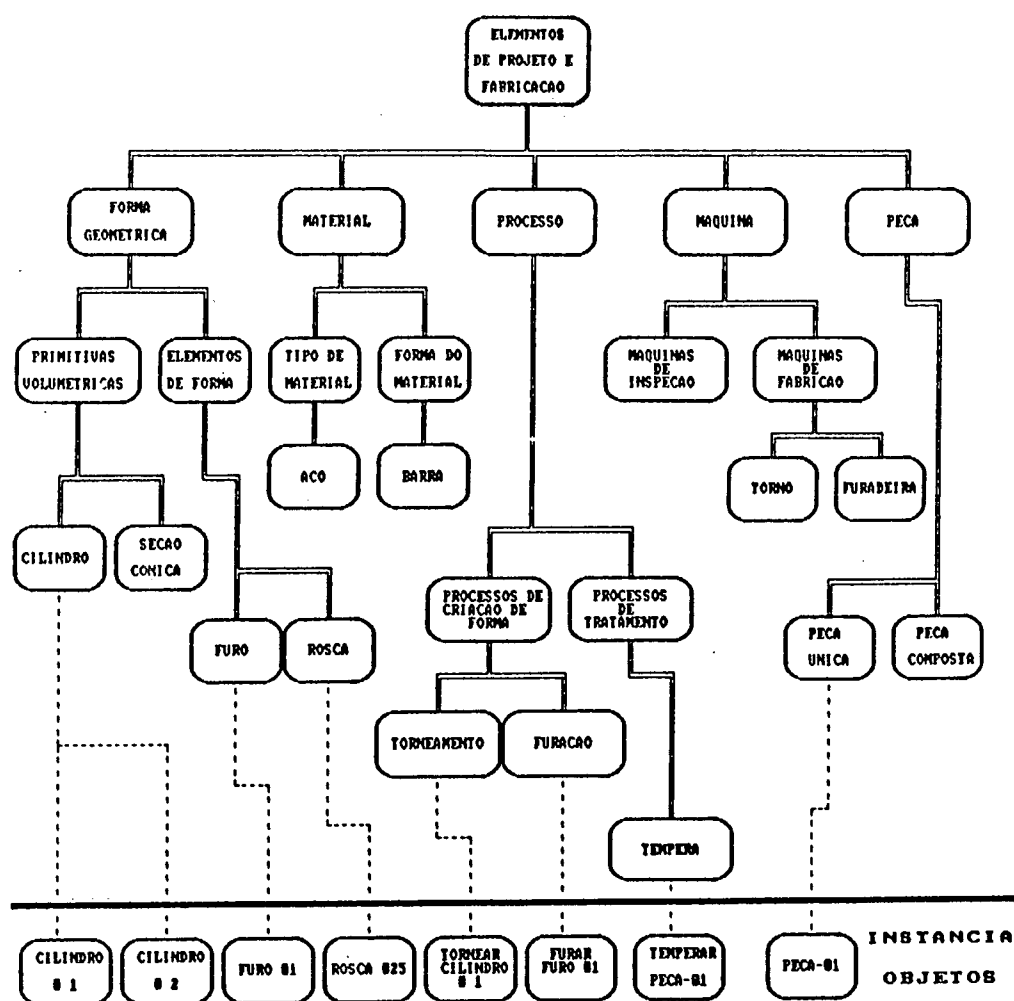


FIGURA 3.25(a) - Exemplo de Hierarquia de "Features" [63]

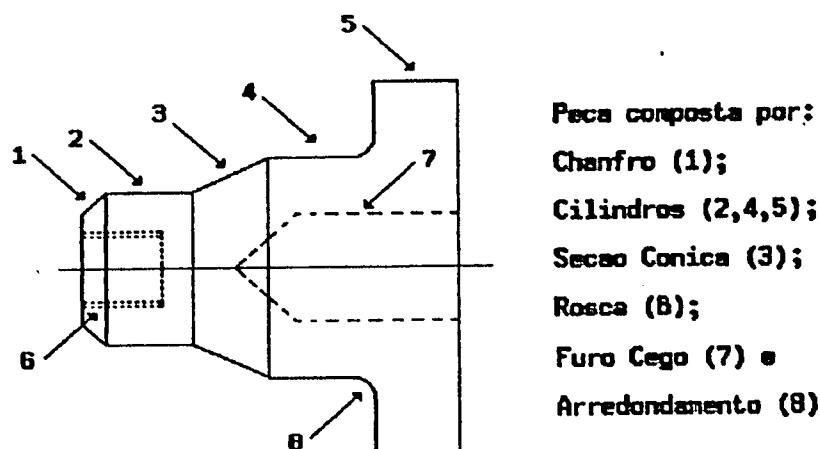


FIGURA 3.25(b) - Peça construída por "feature" [63]

Por esta razão, as "features" são colocados, por muitas literaturas, como a verdadeira ponte entre o CAD/CAM, por estarem intimamente relacionadas com processos de fabricação específicos, propiciando assim o CAPP (Planejamento do Processo Auxiliado por Computador) [63]. A cada "feature" de forma estabelecida, podem estar associadas uma ou mais operações de fabricação [64,66]. Neste sentido, como a peça será formada por um conjunto de "features", existirão normalmente nestes sistemas, árvores de decisão que, com base em condições apresentadas, implicarão em ações [66], como mostrado na figura 3.26. Por exemplo, no caso de CAPP, poderá ser necessário, com base em determinadas "features", decidir por um ou outro processo de fabricação.

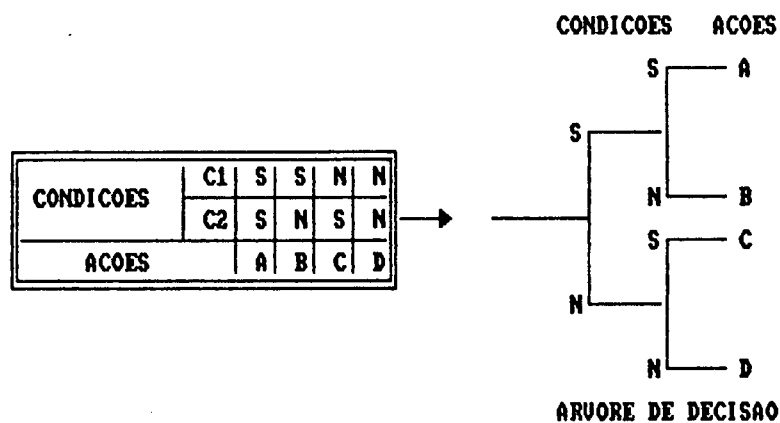


FIGURA 3.26 - Tabela de decisão

Desta forma, muitos estudos apresentam combinações entre as "features" e os SCC/GT, como por exemplo, aqueles apresentados anteriormente e por outras bibliografias [30,51,63,68,69].

Finalmente, pode-se perceber a importância, cada vez maior, das ferramentas computacionais na fabricação do futuro, propiciando cada vez mais o surgimento de novas tendências.

Algumas destas, que estão se consagrando atualmente, como o CIM, por exemplo, requerem, além de dados convencionais sobre projeto e fabricação, dados sobre custos, testes, controle de qualidade, e outros dados de processo desde o projeto até a montagem. Sem dúvidas, a melhor proposta seria aquela onde as peças não fossem interpretadas por características isoladas, mas como um todo, por exemplo, pelo desenho, que seria uma linguagem de comunicação universal [23]. Contudo, isto ainda não se apresenta disponível e acessível.

Sendo assim, o surgimento destas tendências, minimizam as possibilidades de erros cometidos pela intervenção humana, que passam a manusear cada vez mais, dados, nos processos de codificação/classificação de peças, formação de famílias de peças, formação de células, planejamento do processo, projeto e outros. Cabe por último ressaltar, que uma grande parte destas tendências, podem ser consideradas ainda como estudos, não possuindo aplicações práticas marcantes se comparadas com os SCC/GT. Somado a isto, percebe-se que, assim como no caso dos SCC, aquelas continuam todas sendo baseadas nas características das peças, diferindo apenas na forma de tratá-las.

Dessa forma, os iniciantes da GT não devem sentir-se inibidos, interpretando estas novas técnicas como uma mudança ou fim da filosofia de GT, mas, sim, como um aperfeiçoamento de suas atividades futuramente, tentando aplicar, sempre que possível, ferramentas o mais modernas disponíveis para seus programas e que venham de encontro com a realidade e estratégia de suas empresas.

## 4.0 - IMPLANTAÇÃO DOS SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO

### 4.1 - INTRODUÇÃO

A introdução da filosofia de Tecnologia de Grupo (GT) em uma empresa, exige um consistente trabalho de aproximação e comprometimento entre as diversas áreas envolvidas. Mesmo que esta implantação seja iniciada em uma única área, outras necessitarão ser envolvidas ou conscientizadas para somar esforços e obter um maior aproveitamento da mesma.

Assim como em implantações de outras tecnologias (CAD, CAM, etc.), na GT alguns aspectos devem ser inicialmente decididos, como, a forma de implantação a ser feita, em uma única etapa ou gradual; por terceiros ou pela própria empresa; se o sistema de classificação e codificação será desenvolvido pela própria empresa ou comprado; quais áreas que receberão direta ou indiretamente benefícios e/ou mudanças provenientes desta implantação, etc. [2]. Entretanto, antes de qualquer tomada de decisão, é necessário uma avaliação profunda por parte da empresa quanto a sua estratégia futura e as reais necessidades e aproveitamento de uma tecnologia desta natureza, dentro de suas características produtivas, definindo, assim, os objetivos desta implantação [17]. Segundo a bibliografia, a GT apresenta algumas condições para sua implantação, dentre elas [15]:

- Grande variedade de componentes em pequenos lotes;
- Informações precisas da produção;
- Necessidade de reduzir o prazo de entrega, bem como o tempo de produção;
- Similaridades entre componentes e operações de fabricação.

A avaliação acima referida, se faz necessário, uma vez que, o tempo para a implantação e retorno de resultados normalmente é longo aliado aos investimentos relativamente altos, o que pode implicar, futuramente, que a empresa esbarre em empecilhos, decepções ou frustrações causadas pelos resultados desta implantação. Esta situação também ocorre na implantação da GT, especificamente de SCC, devido às dificuldades de expor e justificar os resultados, dificilmente mensuráveis. Desta forma, a observação e conscientização destes itens garantirá um apoio bastante seguro por parte da mais alta administração da empresa, o que é ponto fundamental para o sucesso da implantação. Deve-se observar que normalmente são apresentados vários projetos, à alta gerência, objetivando quase sempre obter os mesmos resultados, entretanto, a credibilidade deste projeto dependerá da argumentação usada [36,40].

Sendo assim, a estratégia adotada é uma decisão que vai competir a empresa em particular. Quanto a real necessidade e aproveitamento da implantação, podem ser avaliados com base nas melhorias, normalmente obtidas, com a GT (abordados no Capítulo 2). Este passo inicial é fundamental para se conseguir uma boa implantação.

Uma vez decidido pela implantação, deve-se proceder a criação de um cronograma de etapas do programa (dados e eventos), permitindo, assim, um acompanhamento mais regular, fácil e direto, tanto por parte de quem coordenará o programa, como por parte das gerências ou chefias sob a qual este está subordinado [40].

#### 4.2 - ESTRATÉGIA DE IMPLANTAÇÃO

A GT pode se manifestar de muitas formas em seus resultados, que variam desde sistemas computacionais até mudanças na forma e procedimentos de trabalho. Por estas alterações introduzirem inovações, na maioria das vezes significativas, pode-se optar por uma implantação gradual, minimizando assim, riscos de insucesso. Uma implantação em uma única etapa pode implicar em um curto tempo para adaptação à esta filosofia, podendo trazer prejuízos significativos para a empresa, além de uma completa frustração do programa.

Na implantação gradual, apesar do tempo ser consideravelmente maior, normalmente são envolvidas menos pessoas em cada etapa, que são, conseqüentemente, mais curtas. Estas etapas devem ter uma seqüência lógica de implantação, de forma que o programa vá atingindo clara e paulatinamente seus objetivos [1,2,3,11,75]. Também pelo fato dos resultados serem os mais variados possíveis, é conveniente que o início desta implantação seja em áreas onde estes possam ser rapidamente comprovados, ou seja, é preferível começar por algo relativamente pequeno, que renda excelentes resultados e, então, expandir a implantação em cima de tais resultados. Com isto, além de uma maior motivação para os participantes do programa, torna-se mais fácil convencer aos céticos e justificar à alta gerência os investimentos e méritos da GT. Isto se faz criando critérios de prioridades conforme as áreas, tentando, assim, garantir o sucesso da implantação em toda a empresa [22]. Contudo, se a investida inicial se restringir a áreas que não mostram resultados



imediatos, esta forma de implantação, pode não ter o efeito demonstrativo almejado [2,3,15,25,26].

#### 4.3 - COMPRAR X FAZER

Um estudo de importância considerável, que deve ser feito nas fases iniciais da implantação da filosofia da GT em uma empresa, é a decisão entre fazer toda a implantação estudando o problema e usando soluções internas ou contratar orientação externa [36,75].

Podem-se citar algumas etapas onde este questionamento pode ser levantado, como na criação do programa de implantação, na implantação propriamente dita, e no desenvolvimento de sistemas computacionais específicos.

A bibliografia aborda alguns casos ocorridos no exterior, onde normalmente a opção é feita pela orientação externa em todas as etapas e principalmente no desenvolvimento de sistemas computacionais julgados necessários (normalmente SCC) [36,38,55]. Isto se deve à farta oferta de empresas de consultoria especializadas e com ampla experiência nesta área. Outra razão para que a opção seja feita pela orientação externa é o próprio custo [36,38].

Para criação de uma equipe responsável pela implantação da GT (que será abordado ainda neste capítulo), dentro de uma empresa, com dedicação quase exclusiva, será necessário o deslocamento de seus profissionais especializados, e possivelmente a necessidade de treinamento. Isto implica na perda temporária destes profissionais em determinadas áreas, além do treinamento e adaptação de novos profissionais para substituição

dos cargos vagos, o que gera custos/despesas. Entretanto, a criação de tal equipe se faz necessária, uma vez que a manutenção de um ritmo constante para a implantação desta filosofia é um dos fatores importantes para a obtenção de bons resultados [36]. Muitas vezes, oscilações no ritmo das atividades, durante a implantação, podem implicar no comprometimento do sucesso final do programa.

Por outro lado, deve-se salientar que a contratação de orientação externa não exime os profissionais da empresa de dedicarem-se a implantação. Isto, por que, indiferentemente de fazer ou comprar, dados devem ser levantados, situações analisadas e decisões tomadas, com respeito a implantação pela própria empresa. Entretanto, o número de pessoas envolvidas é consideravelmente menor, não necessitando uma dedicação exclusiva de todas.

Muitas companhias tem optado pelo desenvolvimento próprio de seus SCC, sem orientação externa, e os resultados tem variado desde sucessos moderados até absolutos desastres, nem sempre publicados [25,62].

No Brasil, a oferta de empresas de consultoria na orientação a implantação da filosofia de GT é limitada (relativamente nova), reduzindo-se as atividades a algumas instituições de pesquisa, vinculadas ou não às universidades [101]. Isto altera bastante o quadro de análise entre "fazer ou comprar", implicando que seja necessário a criação, pelas empresas, de equipes internas para a implantação desta filosofia.

Em alguns casos, convênios de cooperação podem ser feitos com estas instituições para um acompanhamento do programa e/ou desenvolvimento de sistemas computacionais. Por esta razão, a empresa que decidir pela implantação da filosofia de GT no Brasil, muito provavelmente deverá investir na formação de uma equipe interna para a concretização do programa, sendo recomendável, sempre que possível, utilizar-se de alguma orientação externa.

#### 4.4 - DEFINIÇÃO DAS ÁREAS

Como observado anteriormente, a filosofia da GT pode ser, também, considerada como administrativa e envolver muitas áreas dentro de uma empresa. Isto é positivo, pelo ponto de vista de que todas as áreas da empresa poderão beneficiar-se desta. Entretanto, o envolvimento de muitas áreas implica em uma mudança bastante ampla nos procedimentos tradicionais da empresa. Com isto, podem surgir problemas nesta fase de transição, sobrecarregando quem estiver a frente do programa, além do envolvimento e ocupação de muitas pessoas. Por esta razão, após a seleção de todas as áreas potenciais que poderão fazer parte do programa, é necessário verificar-se a viabilidade ou não da participação de todas, em uma mesma etapa da implantação. Existem áreas que são tradicionalmente envolvidas na implantação da GT, como, Projetos, Planejamento do Processo e Planejamento e Controle da Produção. Outras também podem ser envolvidas, como, Montagem, Compras, Orçamentos, Vendas, etc.. Estas áreas poderão variar, conforme os objetivos estipulados inicialmente para a aplicação da GT e o tipo de empresa [42].

A definição das áreas, e a sequência de implantação, são importantes para que possam estar claro delimitações de eventuais sistemas computacionais, que venham a ser desenvolvidos (por exemplo SCC), e a coletânea de dados, propiciando uma implantação bastante objetiva.

#### 4.5 - ETAPAS NA IMPLANTAÇÃO DE UM SCC DENTRO DA FILOSOFIA DE GT

Como abordado nos objetivos iniciais deste trabalho, a maior concentração do mesmo estará sobre o desenvolvimento dos Sistemas de Classificação e Codificação (SCC). Logicamente, muitos aspectos gerais da Tecnologia de Grupo (GT) são abordados, uma vez que não é possível uma total separação entre ambos.

Desta forma, após decidido pela implantação da GT, é importante, se for necessário, definir e justificar o desenvolvimento de um SCC. Uma justificativa bem feita, da necessidade técnica da implantação de um SCC, é fundamental, pois, além de influenciar em aspectos políticos e pessoais, servirá para delinear, de forma bastante objetiva, para que e a quem será desenvolvido tal sistema, ou seja, os objetivos e abrangências específicas do mesmo [16,24,38].

Após definidos os objetivos e as áreas preliminares de atuação do SCC, um planejamento do programa de implantação e desenvolvimento do mesmo, o mais detalhado possível, deve ser feito, de forma a ser monitorado e seguido [16,36].

Finalmente, deve-se salientar que nesta etapa, no caso de uma implantação mais ampla da GT, um planejamento do programa também deve ser feito, com relação as outras aplicações da mesma.

#### 4.5.1 - LEVANTAMENTO INICIAL DE INFORMAÇÕES

Conforme o capítulo 2, o SCC é uma das técnicas de aplicação da filosofia da GT, que pode trazer diversificados benefícios às mais diferentes áreas de uma empresa. Por esta razão, a seleção dos setores específicos, dentro de cada área, e a forma como o SCC atuará em uma empresa, deve ser transparentemente definida, evitando-se subdimensionamento ou superdimensionamento do sistema, que poderão recair em aplicações indevidas do mesmo.

Dentro deste quadro, para uma possível avaliação inicial, é sugerido um levantamento real do fluxo de informações, que ocorre entre as áreas envolvidas. A palavra real, aqui, deve-se ao fato de, algumas vezes, o fluxo de informações, inicialmente traçado na empresa, não ser aquele que está ocorrendo na realidade.

Esta atividade, de levantamento do fluxo de informações, é um trabalho que exige uma forte conscientização, tanto por parte de quem vai colher as informações, como por parte de quem vai passá-las, pois, com base nisto, serão tomados e determinados os objetivos e áreas específicas do programa de implantação. A não conscientização destas pessoas implicará em um levantamento de informações trabalhoso e não espelhar a realidade da empresa.

A implantação de um SCC pode variar desde um simples sistema de recuperação de peças até um complexo e avançado sistema integrado ao CAD/CAM/CAPP. Desta forma, dentro dos dois extremos, existirão mudanças que poderão não estar diretamente relacionadas com o SCC. Sendo assim, num levantamento de informações correto, muitas destas alterações poderão ser previstas e soluções poderão ser elaboradas e executadas previamente.

Muitas vezes, com este levantamento de informações, poderão surgir antigos ou novos problemas, bem como necessidades de determinadas áreas. Isto é positivo, uma vez que se terá uma boa configuração da real eficiência (disposição) da empresa, tendo-se uma ótima oportunidade para que certas correções sejam feitas. Entretanto, isto deve ser visto como um programa a parte. O gasto excessivo de tempo resolvendo problemas que não estejam diretamente relacionados com a implantação do SCC, poderá criar um desvio e uma saturação dos reais objetivos do programa [36].

Desta forma, um outro ponto a ser alertado durante este levantamento, é o não comprometimento em solucionar questões que não estejam diretamente envolvidas com o SCC, por parte de quem está desenvolvendo o mesmo. Isto, além de descaracterizar os objetivos da implantação, pode criar um descrédito, por parte dos futuros usuários, caso tais questões não sejam resolvidas.

Finalmente, neste levantamento, devem ser previstos os procedimentos da forma de trabalho de cada setor. Isto é necessário para o caso de uma futura elaboração de sistemas computacionais ou novos procedimentos como consequência do SCC.

Todo o levantamento de informações deve ser traduzido de uma forma clara, como por exemplo DFD (Diagrama de Fluxo de Dados), para facilitar as tomadas de decisões, podendo ser melhor entendido e apoiado quando apresentado à gerência.

#### 4.5.2 - OBJETIVOS E AREAS ESPECÍFICAS DO PROGRAMA DO SCC

A definição dos objetivos e áreas específicas do sistema, é uma das primeiras considerações a serem feitas na elaboração de um programa de implantação de um SCC. Entretanto isto pode ser

melhor definido após o levantamento de informações, pois, conforme a área de atuação do mesmo, serão atribuídas maior ênfase a determinados tipos de informações. Logicamente, se o sistema for direcionado para a engenharia de projeto, o programa estará provavelmente dirigido para aplicações como, uma eficiente recuperação e padronização de desenhos e a estrutura do código provavelmente indexará, entre outros, dados de forma geométrica e funções da peça. Caso a área seja a engenharia de fabricação, os objetivos do programa serão outros.

Segundo uma pesquisa feita entre os usuários de GT dos USA, o uso em potencial da mesma tem se dividido em três áreas, com os seguintes objetivos [42]:

#### NO PROJETO DO PRODUTO

- Padronização das peças existentes;
- Recuperação de desenhos;
- Fornecer informações de famílias de peças ou peças que dividam características comuns;
- CAD, na otimização das atividades de projeto;
- Criação de novas peças consistentes com as famílias de peças existentes.

#### NA ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO

- Desenvolvimento de rotas padrão para famílias de peças;
- Ajuda na preparação de planos de processos de fabricação e folhas de métodos;
- Desenvolvimento e/ou padronização de ferramentas e dispositivos.

## NA FÁBRICA

- Identificar conjuntos de máquinas em cada departamento que serão dedicados a produção de famílias de peças (Células).

No Brasil, percebe-se, através de seminários e publicações, que as aplicações de GT também atuam nestas três áreas citadas acima [17,28,39,53,61,77]. Por esta razão, a definição de um programa desta natureza fora deste contexto, poderá esbarrar na falta de experiências anteriores e suporte bibliográfico. Entretanto, isto não significa que tal aplicação não seja viável ou justificável, pois, um programa de GT, como referido anteriormente, pode variar conforme os objetivos e o tipo de empresa.

### 4.5.3 - SELEÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO DAS PESSOAS ENVOLVIDAS

Uma vez definidos os objetivos, as áreas de aplicações específicas do SCC, e concretizado o apoio inicial das gerências, a próxima etapa é a seleção das pessoas que farão parte da equipe de desenvolvimento, ou, força tarefa [16,22,24,40].

#### DEFINIÇÃO DA EQUIPE DE IMPLANTAÇÃO

Em ambos os casos, seja a opção de desenvolver um sistema próprio, ou a de adquirir um sistema comercial, existe a necessidade de formação de uma equipe competente, que possa, de maneira mais confiável, transmitir dados e informações para treinamento, desenvolvimento e estruturação do SCC [80]. Para a formação desta equipe, é desejável que sejam escolhidas pessoas que demonstrem interesse, sejam receptivas à utilização de novas tecnologias e com bom conhecimento dos itens produzidos pela



empresa. É claro que, se o sistema envolve áreas diferentes, é recomendável que cada área possua no mínimo um representante colocado em posição de responsabilidade, com o consentimento oficial de sua chefia [11,24,26,36,40,41,56,80]. Esta equipe formada deve, se possível, reportar-se diretamente à alta gerência [22].

É conveniente envolver, tão cedo quanto possível, os indivíduos, que serão futuros usuários do sistema [80]. Além de suas contribuições na implementação de um sistema de codificação que atenda às reais necessidades da empresa, talvez o aspecto mais importante, seja que suas participações no processo de desenvolvimento e implantação, reduzirão no futuro resistências a utilização destes sistemas [35,42]. Isto, já passa a ser um início de integração entre as áreas envolvidas.

Desta forma com o objetivo de efetivar esta integração, deve-se promover encontros de trabalho entre as partes envolvidas. Nestes, no entanto, é importante salientar que o objetivo principal é a criação de um SCC, evitando-se troca de críticas que nada contribuam com a meta estabelecida. Por isso é importante definir a figura dos coordenadores de implantação.

Finalmente, esta equipe de implantação do sistema, deverá possuir um horário de reuniões de periodicidade definida, para que possam ser trocadas informações e avaliar o andamento dos trabalhos. Somado a isto, para os encontros que deverão ocorrer, desta equipe, é importante reservar um local que seja acessível, confortável e isolado do ambiente de trabalho, para evitar envolvimento com as operações [40,56]. Durante este período de reuniões, esta equipe deve abster-se de qualquer outra

problemática que não esteja relacionada ao SCC. Também, deve-se evitar sobrecargas de serviços após as reuniões para recuperar o horário perdido, o que esmoreceria o interesse nas atividades [40].

### CONSCIENTIZAÇÃO

Quanto a conscientização propriamente dita, deve ser dada uma atenção especial (este assunto será abordado em maiores detalhes mais a frente). Como o programa de implantação de um SCC pode envolver várias áreas dentro de uma empresa, a conscientização deve estar dividida em níveis. Portanto, as pessoas de todas as áreas, de uma maneira geral, devem ser conscientizadas com os conceitos de GT e de SCC, benefícios e facilidades que a implantação trará para a empresa e suas atividades, além da razão de sua adoção [2]. Neste contexto deve-se sempre enfatizar o fator integração.

Para as pessoas de áreas diretamente afetadas, além desta conscientização básica, devem ser explanadas as mudanças específicas que ocorrerão em seus setores. Nesta fase deve-se procurar fazer com que os envolvidos respondam, de forma positiva, a tais mudanças. Este é outro aspecto que pode minimizar as possibilidades de futuras reações por parte das pessoas envolvidas, quando da implantação do sistema [2,36].

Por último, para aquelas pessoas diretamente envolvidas na equipe, que fará parte do desenvolvimento do sistema, a conscientização terá, além do carácter de informação, uma formação técnica, de forma que possam fornecer todas as informações mais precisas possíveis, para a criação e

desenvolvimento do sistema. Nesta conscientização, técnicas modernas de produção, como, CAD, CAPP, CAM, CIM e "Just-in-Time", podem ser relacionadas com a GT.

A conscientização em todos os níveis é um fator de alta importância para o sucesso do programa de implantação de GT/SCC. Segundo uma pesquisa de usuários americanos da GT, o problema mais comum, na implantação de GT/SCC, encontra-se na resistência às mudanças. Segundo os próprios usuários, as soluções para derrubar estas barreiras foram os treinamentos, seminários e atividades relacionadas com a educação em GT, sendo que sem estas, a implantação seria praticamente impossível [42].

Ainda se deve ressaltar que, quando possível, a conscientização deve ser feita e/ou participada por gerências ou chefias. Isto mostrará o interesse e apoio da empresa pela implantação. O treinamento para a equipe, que fará parte efetiva do programa de implantação e desenvolvimento do sistema, deve ser feito por pessoas altamente capacitadas, de forma a não transmitir um conceito errôneo ou deturpado da GT/SCC. Este treinamento pode ser buscado fora da empresa, quando necessário.

Como se pode perceber até o momento, os investimentos iniciais são altos, envolvendo a mobilização de um grande número de pessoas. Por esta razão, esta parte do programa de implantação deve ser bem planejada, e executada de forma a não se tornar cansativa e/ou sem credibilidade por parte da gerência ou participantes envolvidos.

#### 4.5.4 - DEFINIÇÃO DA POPULAÇÃO DE PEÇAS

Uma vez definidos os objetivos, bem como áreas e pessoas envolvidas para se iniciar a criação do código de classificação, a primeira pergunta que deve ser feita é:

- Quais peças serão codificadas?

Esta questão deve ser colocada de forma a selecionar os tipos de peças mais representativas para a empresa, definindo quais os produtos que possuirão suas peças codificadas inicialmente. Caso a empresa possua somente uma linha de produto, a questão pode girar em torno de quais outros itens que serão também codificados, além dos produtos. Algumas empresas possuem setores, como, fabricação de dispositivos, prestação de serviços externos, fabricação de ferramentas e outros, que poderão fazer parte da população de itens a serem codificadas.

Toda esta definição da população de peças a serem codificadas, dependerá, basicamente, dos objetivos do sistema e das áreas que o mesmo atenderá.

Uma correta definição desta população é de suma importância, uma vez que, com base nesta, serão criadas e definidas todas as características relevantes para o código. Somado a isto, partindo-se do princípio que um sistema desta natureza tenha uma longa vida dentro de uma empresa, esta decisão deve ser também estratégica, uma vez que a empresa pode estar pretendendo introduzir alterações na linha de produtos a serem fabricados.

Um SCC, somente, não implica em uma mudança obrigatória da metodologia de trabalho, ou seja, não cria uma duplicidade de formas de trabalho durante a sua implantação, servindo este como uma ferramenta auxiliar (com objetivos definidos). Por esta razão, pode-se, durante a fase inicial de implantação do sistema, defini-lo somente para uma determinada linha de produtos e com o passar do tempo introduzir outras linhas. Entretanto, este procedimento só é aconselhável quando existem linhas de produtos com características completamente distintas, que implicam em diferentes árvores do código. Caso contrário, isto pode não ser muito eficiente, pois, para cada nova linha de produto, que será introduzido no sistema, serão necessárias alterações da estrutura previamente definida do código.

É interessante observar que, conforme é feita esta definição da população, tem-se subdivisões em populações menores (setores diferentes) e assim, pode-se planejar uma seqüência de criação do código na empresa (figura 4.1). Esta divisão e seqüência faz-se necessária, uma vez que, conforme a abrangência da população, a quantidade de informações manipuladas podem ser muito variada, implicando em tempo relativamente longo para que apareçam os primeiros resultados, além da grande quantidade de pessoas envolvidas. Contudo, mesmo que as atividades estejam concentradas em uma subpopulação, a todo momento deve-se ter uma visão do conjunto, para a estrutura do código e o sistema computacional.

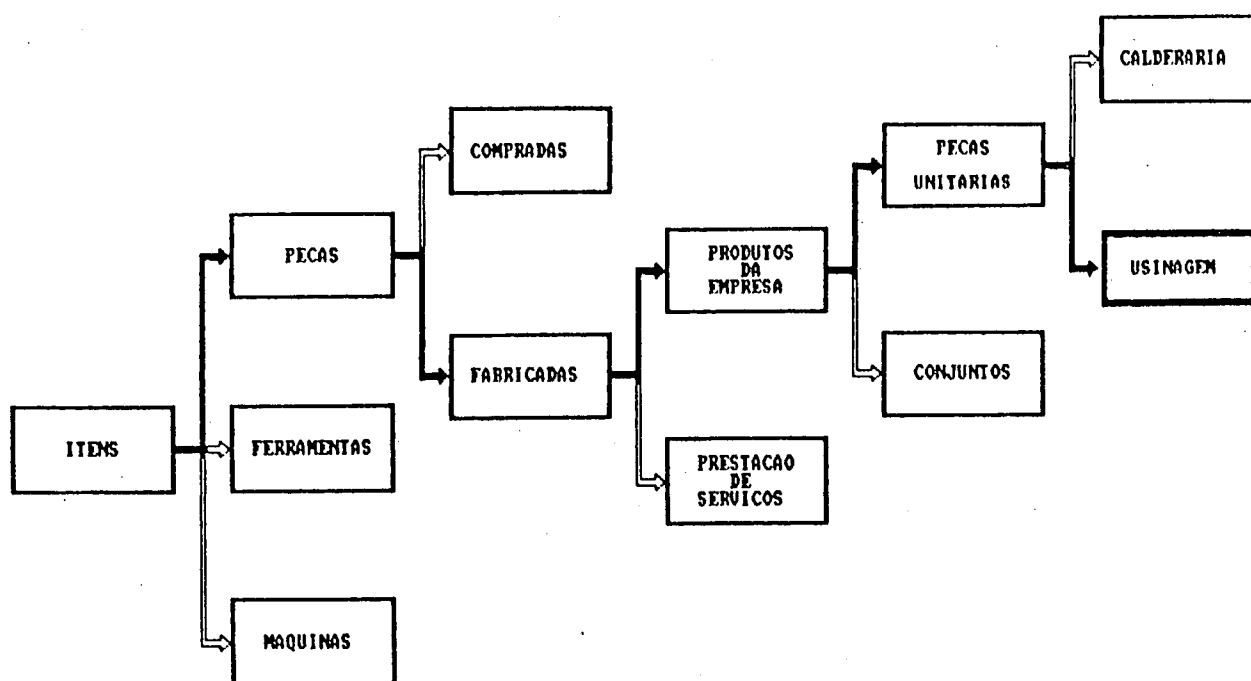


FIGURA 4.1 - Definição da População de Peças

#### 4.6 - ESTRUTURA E CRIAÇÃO INICIAL DO CÓDIGO

Definida a população ou as subpopulações de peças a serem analisadas e que farão parte do código, o próximo passo é a criação da estrutura básica do mesmo.

Como abordado no Capítulo 3, normalmente as três formas básicas de se indentificar/recuperar uma peça, são:

- O Número de Identificação, que é um número de identidade, seqüencial e único para cada peça, podendo algumas vezes possuir alguns dígitos inteligentes. Normalmente, o cadastro de peças de uma empresa é feito através do Número de Identificação;

- A Denominação, que é um nome atribuído à peça. Este nome pode ser alfabético ou alfa-numérico, não sendo único para cada peça em uma empresa, podendo, assim, aparecerem peças com a mesma denominação. Entretanto, devido a dificuldade de recorrência e padronização por parte dos profissionais que criam estas denominações, peças iguais podem aparecer com diferentes nomes e peças diferentes com nomes iguais. Isto dependerá da organização do setor de normas técnicas ou de projetos, onde a peça é criada e denominada; e
- O Código, que expressa as características particulares de cada peça, podendo estas serem de forma geométrica, dados tecnológicas, etc..

As duas primeiras formas de identificar peças são bastante simples, usando-se apenas um arquivo organizado, uma vez que podem ser feitas obtendo estes dados diretamente do desenho da peça, entretanto só são eficientes quando se dispõe, em mãos, o número ou denominação das peças desejadas. Por outro lado, a identificação de uma peça pelo seu código, permite justamente a relação entre a peça que se deseja identificar, através de suas características, com seu número de identificação e/ou denominação. Sendo assim, como montar um código que expresse tais características?

Primeiramente, é conveniente definir-se uma amostra randômica representativa, através de análise estatística, para a coleta de informações. Para populações que excedam 10.000 peças, 10% é uma amostra suficiente. Para pequenas populações, 20% é adequada [41,59]. Esta amostra deve ser formada pela população de peças ativas, para que não sejam incluídos desenhos de peças

antigas, peças projetadas eventualmente e outros produtos infreqüentes ou que deixarão de ser produzidos [40,56,59].

Somado a isto, somente características permanentes e críticas das peças necessitam ser incluídas no código. Se o projetista julga importante as tolerâncias mais apertadas para a função da peça, e o planejador do processo concorda com a importância daquela característica, a mesma deve ser incluídas no código [22,56]. Estima-se que somente 5 a 20 % da geometria da peça é essencial para caracterizá-la, desde que estas características sejam completas. As características geométricas remanescentes, consistem de elementos que estão conectados àquelas características essenciais [35,59]. Por exemplo, em se tratando de peças metal-mecânicas, uma divisão geométrica básica que pode diferenciar as peças em duas categorias bem definidas, é o fato de serem rotacionais ou não.

Por esta razão, o primeiro passo é uma comparação entre as peças daquela amostra definida, identificando as suas características básicas, não só geométricas, mas outras como dimensões, materiais, etc., como mostrado na figura 4.2. Conforme a freqüência de suas características forem percebidas, pode-se fazer uma subdivisão inicial apropriada dos itens em menores famílias de peças de diferentes natureza, que mereçam grupos de códigos distintos. A chave deste procedimento, está em identificar características essenciais que distingam entre peças iguais e diferentes [13,25,35]. Como resultado destes levantamentos, pode-se definir a estrutura básica do código.



Uma vez que a divisão das peças é identificada, através destas características básicas, é procedida, uma cuidadosa análise de cada grupo de itens. O objetivo, é indentificar características ou atributos, agora específicos, que permitam o reconhecimento entre peças semelhantes.

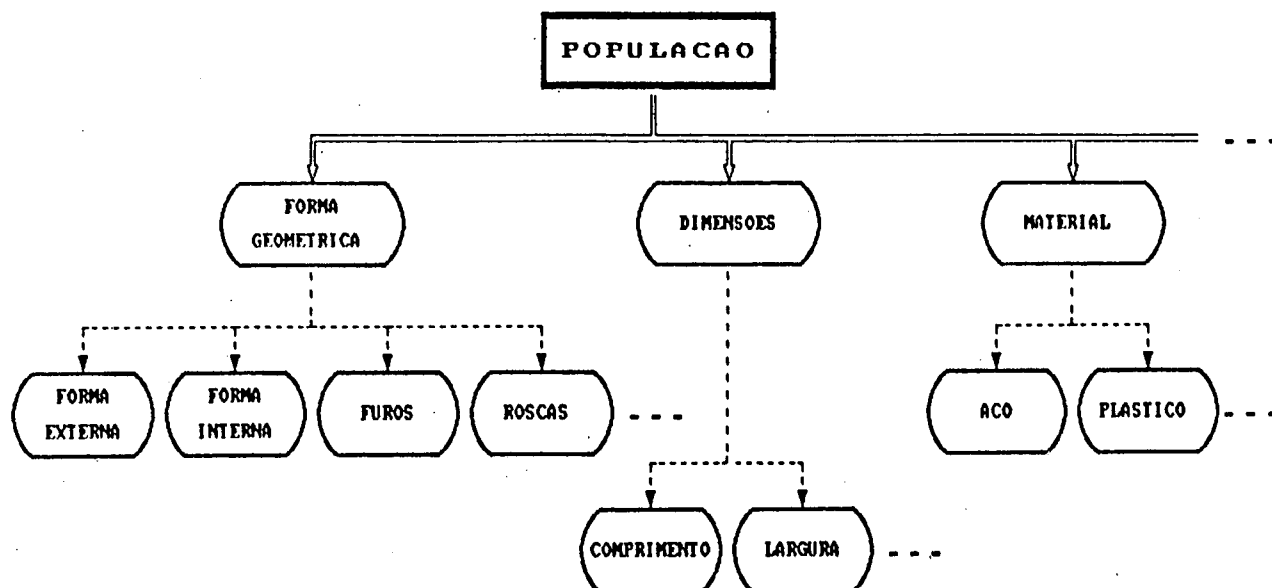


FIGURA 4.2 - Definição das Características da População

Uma forma de iniciar esta pesquisa é questionando para a equipe de participantes formada, que ao mesmo tempo são usuários comuns, quais as características mais importantes na identificação de uma peça, conforme suas atividades do dia-a-dia e os objetivos do código. Nesta etapa do programa, mais profissionais especializados de áreas específicas, podem fazer parte da equipe, com o objetivo de levantar mais exata e rapidamente os dados. Se o código abrange diferentes áreas, diferentes características surgirão. Então, faz-se necessário uma análise do conjunto para se verificar a fusão de características

que podem estar redundantes. Esta forma de coletar as características exige dos participantes um conhecimento profundo da população de peças e uma convivência já acentuada dos mesmos com o produto e seus trabalhos. Somado a isto, como referido acima, é necessário um treinamento mais aprofundado desta equipe. Isto permitirá uma conscientização, para todos os participantes, do mesmo objetivo do sistema. Finalmente, para um levantamento mais exato, uma análise da amostragem dos desenhos pode ser feita, durante as reuniões. Assim, durante um determinado período são analisados todos os grupos de desenhos previamente estabelecidos (ou determinados) e selecionadas as características mais relevantes.

Um cuidado a ser tomado neste procedimento é quanto aos resultados obtidos. Podem ocorrer casos onde a amostra colhida seja tendenciosa para um determinado tipo de peças ou produtos. Por esta razão, neste procedimento, como nos anteriores, deve-se sempre ter uma visão geral dos tipos de peças que estão sendo coletadas, evitando, assim, um código que não mostre a realidade da empresa. Por exemplo, normalmente, a quantidade de peças rotacionais é bem maior que as demais, em uma empresa [90], podendo implicar assim em um código mais eficiente para peças rotacionais e deficiente para outras.

É conveniente observar que devem ser envolvidas pessoas da própria empresa nesta análise, sempre que possível. Isto resultará em um sistema que expressará, de melhor forma, as reais características da população de peças da empresa [26]. O envolvimento de consultores nesta etapa pode poupar uma grande parte das atividades de levantamento de características, devido a

sua grande experiência acumulada [36]. Entretanto, mesmo assim, um contato estreito deve haver entre o consultor e a equipe de implantação da empresa, de forma a garantir um sistema que espelhe a realidade e necessidade desta. Normalmente sistemas implantados por consultores, através de programas já prontos, necessitam ser retrabalhados, para uma melhor utilização na empresa [19].

Uma comparação e uma análise, com códigos já desenvolvidos e publicados na literatura, também podem contribuir sensivelmente para esta etapa. Normalmente estes códigos são de aplicações específicas, mas, podem ser observados com relação a suas estruturas, campos, dígitos e características mais relevantes. Claro que devido aos objetivos de cada código, nem todas as características são iguais às necessárias para cada empresa e também dificilmente enfatizarão os mesmo dados.

Um alerta deve ser feito, no sentido de não haver uma tendência de querer adaptar as características da população de peças da empresa integralmente aos códigos utilizados como exemplos. A razão disto é não se perder os reais objetivos e características que definem a população de peças da empresa. Sendo assim, uma análise destes códigos pode ser melhor procedida após as características básicas terem sido levantadas.

#### 4.7 - ASPECTOS DO LEVANTAMENTO DE CARACTERÍSTICAS

Com o decorrer do levantamento de informações, muitas questões vão surgindo, devendo ser analisadas com a devida importância.

Conforme a análise da população ou subpopulações de peças envolvidas, pode-se optar pelo tipo de estrutura para o código (já referenciados no capítulo 2). A estrutura matricial é a mais simples de se utilizar, entretanto, quando a natureza das peças é muito diversificada não existirá um ajuste de todas dentro das mesmas categorias de atributos, podendo tornar o código ineficiente, pois, será muito extenso e mal aproveitado. Para minimizar este problema, existe a estrutura hierárquica que também pode ser usada. Contudo, deve-se estar atento para que a árvore desta estrutura não se torne muito extensa e, conseqüentemente, complexa, com poucas combinações de classificação associadas a elas, não conseguindo formar famílias de peças consistentes. Somado a isto, pode-se ter alguns problemas envolvidos na programação computacional de tal sistema. Por estas razões, um consenso entre estas duas estruturas, ou seja, uma estrutura híbrida, pode ser uma boa solução [13].

Como já referido, para que as informações (características) levantadas sejam melhor analisadas, é conveniente uma estruturação das mesmas. Esta pode ser feita de forma hierárquica, sendo definidos e distribuídos os campos, subcampos, dígitos e subdígitos, como o exemplo mostrado na figura 4.3.

Sendo assim, inicialmente devem ser definidos os campos. Os campos são partes do código que contém as características mais genéricas das peças. A bibliografia apresenta alguns dos campos (características básicas), normalmente utilizados, para cada área específica da empresa [3,10,15,72]:

**NO PROJETO**

- Forma Geométrica Externa
- Forma Geométrica Interna
- Dimensões
- Material
- Função da Peça
- Tolerâncias
- Acabamento Superficial

**NA FABRICAÇÃO**

- Processos de Fabricação
- Dimensões
- Acabamento Superficial
- Tolerâncias
- Tempos de Produção
- Tamanho de Lote
- Ferramentas de Corte
- Sequência de Operações

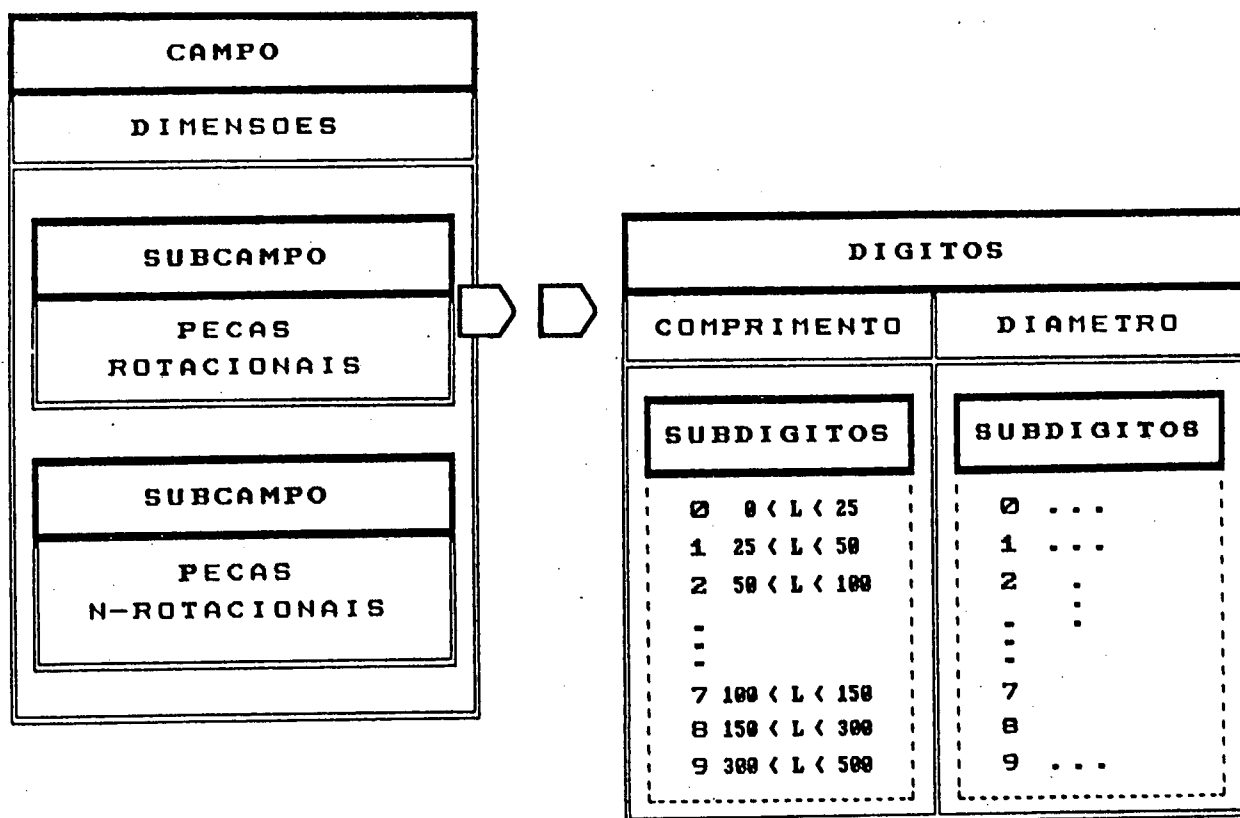
**Exemplo:****CAMPO** : DIMENSOES**SUBCAMPO** : DIMENSOES PARA PECAS ROTACIONAIS**DIGITO** : COMPRIMENTO**SUBDIGITO** : 0 => 0 < L < 25mm

FIGURA 4.3 - Estrutura Hierárquica do Código

Na sua maior parte, os sistemas fundem as características destas duas áreas em um único código. Entretanto, podem ocorrer casos onde uma maior especificação das características de fabricação ou projeto sejam necessárias. Uma solução para isto, evitando-se assim de se utilizar dois códigos distintos, seria a criação de um código primário para a identificação de peças e, associado a este, um código secundário. Deste modo, o código primário deveria ser preenchido com características permanentes e gerais da peça e no código secundário, estariam as características específicas para cada área, que podem variar eventualmente [20,23,25,27,43]. Um exemplo de um código desta natureza pode ser o sistema OPITZ [2,3], conforme mostrado no capítulo 3.

Ainda com relação à escolha dos campos, pode ser difícil definir dígitos comuns de um mesmo campo para toda população de peças. Por esta razão, podem ser criados os subcampos, que possibilitam ter-se diferentes dígitos dentro de um mesmo campo, podendo, assim, conforme a hierarquia atribuída ao mesmo por um dígito anterior, assumir características diferentes. Como já mencionado, os subcampos normalmente vão aparecer em códigos com estrutura hierárquica. Por exemplo, como mostrado na figura 4.3, um campo de dimensões, pode ser subdividido em dimensões para peças rotacionais e não rotacionais.

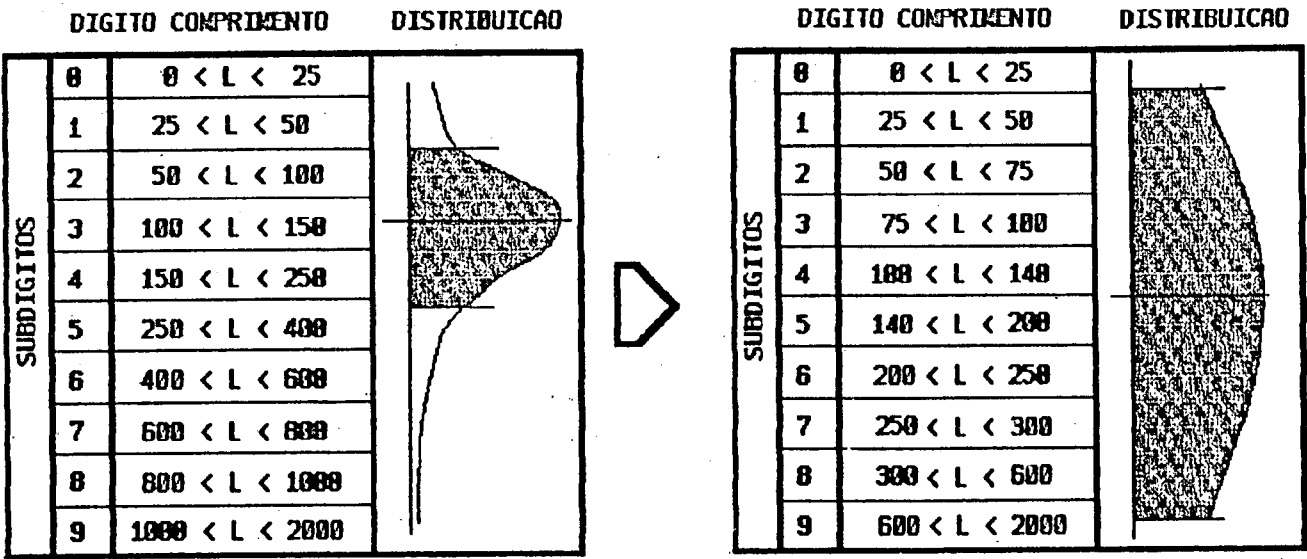
Conforme citado anteriormente, quando o desenvolvimento do SCC ramificar em diferentes árvores (subcampos), deve-se definir cada "ramo" em todos seus detalhes. Isto contribuirá no sentido da não diversificação das atividades, e ao mesmo tempo,

possibilitará uma amostra de serviço mais visível para a gerência. É claro que a atividade como um todo não deve, em momento algum, parar, sendo para isto, algumas vezes, necessário uma subdivisão da equipe em diferentes atividades. Por exemplo, existem empresas que possuem especialistas em peças torneadas e outros em peças fresadas. A isto, de certa forma, pode estar vinculada a árvore de peças rotacionais e não-rotacionais. Neste caso, pode ser interessante haver uma divisão de atividades para uma maior eficiência e rapidez das mesmas.

Uma vez selecionados os campos e subcampos, suas definições e abrangências, devem agora ser definidos os dígitos. Os dígitos são características específicas e que devem ser comuns a todas as subpopulações de peças que se enquadram dentro de cada campo e subcampo. A definição dos dígitos requer uma atenção e conhecimentos mais profundos ainda que a definição dos campos. Desta forma, pode-se dar melhor estrutura e organização de hierarquia ao código.

Tendo-se definido os dígitos, podem ser então definidos os subdígitos. Os subdígitos são as características que realmente serão representadas pelos números (código numérico), letras (código alfabético) ou ambos (código alfa-numéricos). A opção por um código numérico, alfabético ou alfa-numérico, fica a encargo da equipe coordenadora, contudo, os códigos numéricos tem sido os mais aplicados [22]. Isto vincula 10 opções para cada dígito, no caso de um sistema decimal. Sendo assim, é sempre conveniente distribuir as características da melhor forma possível dentro de cada dígito, evitando-se os desperdícios de subdígitos.

Quando se trata de dígitos que trazem características expressas por números (por exemplo, dimensões) a distribuição de subdígitos pode ser completa, através das faixas de variações do mesmo. Para este caso, um levantamento estatístico da população pode ser feito, de forma a distribuir estas faixas para que fiquem o mais homogêneas possíveis (figura 4.4). Para tanto, uma amostra significativa de peças deve ser analisada, anotando-se os valores das características que estão sendo verificadas.



DIGITO

COMPRIMENTO

DISTRIBUICAO

SUBDIGITOS

0	0 < L < 25
1	25 < L < 50
2	50 < L < 75
3	75 < L < 100
4	100 < L < 140
5	140 < L < 200
6	200 < L < 250
7	250 < L < 300
8	300 < L < 600
9	600 < L < 2000

FIGURA 4.4 - Distribuição Estatística do Dígito

Durante esta fase inicial de coletânea de características para os campos, dígitos e subdígitos, todas as propostas feitas pela equipe devem ser aceitas e analisadas. Entretanto, quando da análise geral de todas estas características sugeridas, as pessoas que estão coordenando a equipe devem ser bastante críticas, no sentido de evitar a colocação de características



desnecessárias no código [26]. Muitas vezes, a introdução de características em excesso no código pode aumentar sensivelmente o tamanho do mesmo, não servindo como um dado eficiente de recuperação de uma peça. Em alguns casos, é feita uma idéia errônea de que os códigos devem fornecer todas as características das peças. Por esta razão, deve estar claro que o maior objetivo do código é fornecer condições para localizar uma peça específica ou família de peças, em função de suas características básicas e, uma vez recuperada esta peça, pode-se obter os dados específicos da mesma. Entretanto, se os procedimentos seguintes, para obtenção destes dados, serão manuais ou automatizados, dependerá da infraestrutura da empresa.

A medida que as características vão sendo alocadas em campos, dígitos e subdígitos, um outro aspecto que deve ser seguido em paralelo e de suma importância é a adoção de terminologias ou convenções. É normal, entre empresas, existir uma variação bastante grande com relação as definições utilizadas para as peças e suas características. Da mesma forma, são comuns divergências com relação às terminologias entre departamentos de uma mesma empresa. Assim sendo, a adoção de padrões para um SCC deve ser muito bem coordenada, no sentido de obter definições claras e objetivas de cada característica. Muitas vezes, uma característica como peças rotacionais pode ter várias interpretações dentro de uma mesma empresa. Isto viola o objetivo mais básico da TG, que é: "peças similares devem ter números de códigos similares e peças diferentes não podem ter códigos similares".

As terminologias e convenções adotadas para expressar as características do código não devem ser dúbias, minimizando, assim, possíveis dúvidas posteriores. Se possível, devem ser criados critérios para delimitar a validade de cada característica (figura 4.5) [16,53].

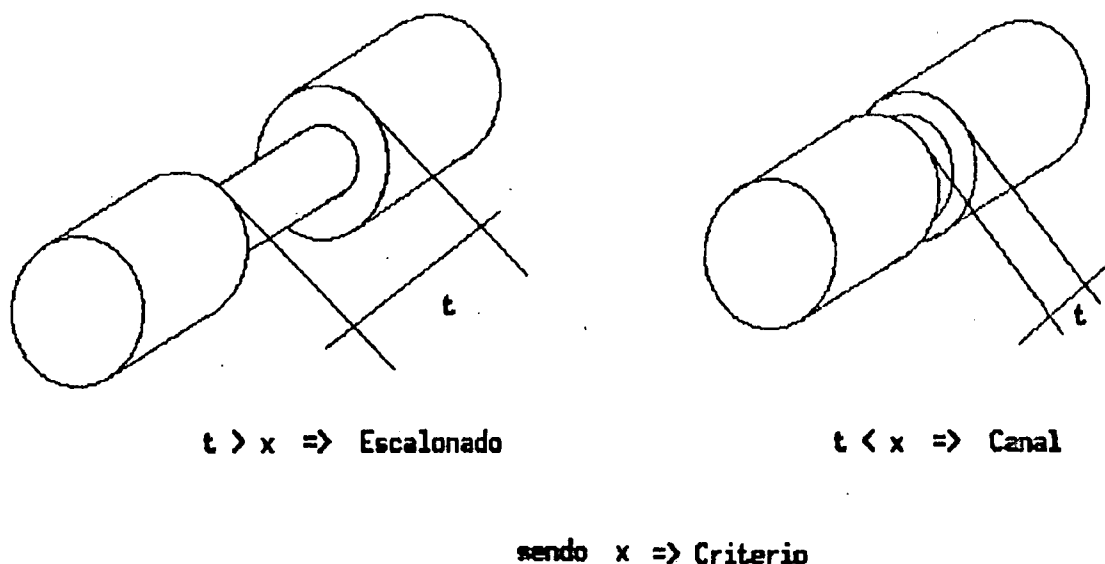


FIGURA 4.5 - Critérios de Definições das Terminologias

Uma vez que os diversos setores da empresa cheguem a um consenso sobre as terminologias a serem utilizadas, pode-se considerar que um dos passos iniciais, para a integração e a padronização da empresa, está sendo dado.

Durante toda a etapa de definição do código e principalmente na definição das terminologias, a equipe coordenadora deverá ter um bom preparo sobre o assunto envolvido, no sentido de servir como mediador quando da existência de algum impasse. Cabe ressaltar que os impasses serão normais, devido a diferença de formação e áreas dos participantes, necessitando assim, algumas vezes, de atitudes de imposição de lideranças, por parte da equipe coordenadora.

A medida que forem sendo definidos preliminarmente os dígitos do código e suas convenções, é conveniente a formação de um pré-manual onde devem estar todos as definições e convenções dos dígitos, além de exemplos de cada um. Este manual deve ser feito com uma linguagem técnica, perfeitamente sintonizada com a cultura de comunicação da empresa. Deve-se evitar de recorrer a normas e padrões adotados por outras empresas ou normas técnicas, uma vez que isto poderá implicar em uma mudança interna das definições tradicionalmente usadas pela empresa. Isto poderá criar uma grande confusão e rejeição por parte dos participantes e usuários. Um outro ponto que deve ser explorado na criação deste manual é a sua ilustração. Em muitos casos, o que não se consegue expressar por palavras pode ser expresso com um desenho.

Um manual de codificação preciso e fácil de entender, que traga a descrição de cada dígito de forma mutuamente exclusiva, ajuda a garantir uma codificação e uma interpretação adequada do código. Isto pode ser testado dando uma mesma peça para diferentes codificadores.

Um outro ponto que pode contribuir para resultados mais rápidos, é o início da definição do código pelos campos ou dígitos que não necessitem de muitas convenções e que não sejam hierarquizados, ou seja, que apresentem preferencialmente uma estrutura de forma matricial.

Durante toda a etapa de levantamento de características do código são analisadas peças de diversos tipos. Estas peças devem ser todas separadas, de forma que possam fazer parte da amostra inicial a ser codificada computacionalmente [40].

Finalmente, deve-se salientar que esta é uma das mais difíceis e demoradas etapas da criação de um SCC. Somado a isto, o código criado provavelmente sofrerá bastante alterações quando de seus testes iniciais. Por esta razão, não devem ser gastos tempos excessivos em pequenos detalhes desta etapa.

#### 4.8 - TESTES INICIAIS

Uma vez finalizada preliminarmente a construção do código (pelo menos de uma árvore independente) e toda as suas definições através do pré-manual, pode-se iniciar a fase de testes iniciais de codificação.

Nesta primeira fase ainda é importante manter-se a equipe integralmente formada, uma vez que poderão surgir muitas divergências e dúvidas, que deverão ser resolvidas a tempo [17,56].

Inicialmente, deve-se usar a amostra de peças utilizadas para a elaboração do código para serem codificadas [40,56].

É aconselhável também que os testes sejam feitos manualmente, uma vez que mudanças consideráveis poderão surgir. Isto se deve ao fato de que quando foi construído o código, ter sido feito pela análise das características das peças separadamente, e, no processo de codificação, serão codificadas conjuntamente as características de cada peça, podendo criar assim parcialidades. Sendo assim, estes testes iniciais podem ser feitos basicamente de duas formas. Na primeira, cada peça deverá ser codificada por toda a equipe, sendo todas as dúvidas esclarecidas e solucionadas (ou encaminhadas) no mesmo momento.

Na segunda forma, cada elemento, ou grupo de elementos da equipe, codifica as peças separadamente, sendo, depois, comparados os resultados com os demais. Esta forma pode ser mais demorada que a anterior, entretanto, as dúvidas levantadas estarão mais próximas das que poderão surgir pelos usuários, uma vez que em momento algum os codificadores se sentirão influenciados por outros componentes da equipe, ou pela equipe coordenadora.

Em ambos os casos poderão surgir dúvidas ou questionamentos, necessitando estes serem solucionados. Estas dúvidas podem implicar em mudanças nas convenções utilizadas ou até na própria estrutura do código. Por esta razão, como já enfatizado anteriormente, pode ser interessante não gastar muito tempo na formação inicial do código, e sim, obter uma estrutura básica do mesmo que poderá ser melhor adaptada posteriormente.

Mesmo após esta fase de codificação e ajustes no código com amostragem das peças, haverá muitas dúvidas e questionamentos, quando da utilização do mesmo pelos reais usuários, necessitando assim novos ajustes, uma vez que é muito difícil conceber um código, baseado em uma amostragem, que atenda toda uma população de peças. Contudo, deve-se observar que a existência de exceções, é normal e necessária para que o código não seja muito extenso.

Finalizada a fase de testes e ajuste iniciais, ter-se-á um código bastante próximo da realidade da empresa, com um manual de toda a sua estrutura e convenções utilizadas, podendo assim, ser iniciada a implantação do mesmo em um sistema computacional e o treinamento dos futuros usuários. Logicamente, o desenvolvimento computacional, é algo que decorre em paralelo a esta etapa de criação do código.

Após a implantação do código no sistema computacional, peças devem ser cadastradas no mesmo. Para tanto, é necessário uma grande familiarização com as convenções e definições utilizadas para que o mesmo tenha uma constância no julgamento de situações não previstas, de forma que os critérios para codificação sejam sempre os mesmos. Por esta razão, a codificação das peças deve ser atribuída a uma ou duas pessoas pertencentes a equipe que criou o código. Caso o código apresente partes diferentes que devem ser codificadas em etapas diferentes, estes codificadores também devem estar localizados em etapas diferentes do fluxo produtivo, cabendo ao segundo complementar os dados não preenchidos pelo primeiro codificador.

Um outro ponto importante durante esta fase inicial de codificação, é a criação de metas quanto ao número de peças que devem ser codificadas mensalmente ou semanalmente. Isto permitirá um rápido crescimento do banco de dados e um retorno do sistema poderá ser observado em um curto espaço de tempo [17]. Com o cadastro das peças em andamento, uma série de atividades podem começar a ser feitas, visando explorar todas as vantagens propiciadas por um sistema integrado para todas as aplicações da GT [13].

Deve-se salientar, finalmente, que conforme a concepção inicial do código, o mesmo poderá levar um bom tempo até que seja totalmente adaptado para a empresa.

## 4.9 - ASPECTOS COMPLEMENTARES

### 4.9.1 - MUDANÇAS PARALELAS (ORGANIZAÇÃO)

A Tecnologia de Grupo (GT) traz uma série de mudanças nos procedimentos usuais de uma empresa, tanto a nível de produção no chão de fábrica quanto a nível administrativo. Por esta razão, torna-se, muitas vezes, conveniente o aproveitamento desta fase de mudanças para a otimização e organização de setores e procedimentos da empresa que, em conjunto com a GT, venham a dar uma maior eficiência à mesma. Algumas destas mudanças podem não estar diretamente envolvidas com a GT, entretanto, existirá uma grande afinidade com os possíveis resultados do programa.

Muitas vezes, esforços demasiados são gastos na implantação de um sistema computacional específico, como por exemplo, Sistemas de Classificação e Codificação (SCC), sem que sejam obtidos, resultados satisfatórios. Isto porque, na sua maioria, estes sistemas não atuam isoladamente, necessitando de um ambiente otimizado para melhor aproveitamento. Portanto, deve-se buscar a simplificação/organização antes de uma automatização [13,25,46,88,95].

Sendo assim, dentre outros, alguns dos principais objetivos destas mudanças paralelas, são: diminuir possíveis resistências, por parte de pessoal, através da conscientização e motivação; organizar o ambiente fabril e incrementar/viabilizar os resultados que serão obtidos com a implantação da Tecnologia de Grupo (GT), especificamente, SCC, tudo isso a um custo compatível [83]. Estas mudanças, de uma forma geral, geram um fator integrador, bastante acentuado, principalmente a nível de

pessoal, podendo implicar em ganhos consideráveis, nem sempre mensuráveis, para a empresa.

Por último, para que estas implantações paralelas não criem procedimentos demasiadamente formais ou programas em paralelo, devem ser tratadas ou introduzidas inicialmente como experiências piloto, eximindo, assim, delegações muito grandes de responsabilidades às pessoas e, ao mesmo tempo, dando aos participantes e coordenadores os méritos pelos sucessos alcançados [22,24,79]. Somado a isto, estas implantações devem fazer parte de uma estratégia da empresa num contexto mais amplo, pois, se a alta gerência não estiver convencida dos benefícios e engajada no processo, fatalmente o programa encontrará barreiras futuras.

Basicamente, as experiências piloto são atividades envolvendo poucas pessoas que devem ter como tarefa testar e comprovar teorias, servindo, assim, como pólos irradiadores e disseminadores das mesmas. Desta forma, as experiências piloto servem, normalmente, além de motivação aos envolvidos diretos, também, como resultados comprovados para as chefias e gerências, obtendo um maior apoio das mesmas [26].

Para execução destas experiências piloto é necessário que haja, primeiramente, um estudo do ambiente no qual a mesma será implantada. A razão deste estudo é verificar se os resultados a serem obtidos serão realmente os desejados, isto é, a experiência deve apresentar resultados positivos. Isto se deve ao fato de, justamente, estas experiências terem o objetivo de preparar e motivar as pessoas nos mais diversos níveis dentro da empresa,



para uma implantação o mais abrangente possível, no caso GT/SCC. Neste estudo também devem ser selecionados os elementos que participarão das mesmas, sendo recomendadas pessoas embaçadas de um forte espírito de mudanças com renovação e otimismo. Elementos negativos devem ser evitados. Entretanto, uma conscientização de todos os envolvidos com estas experiências, deve ser feita, principalmente com relação às chefias.

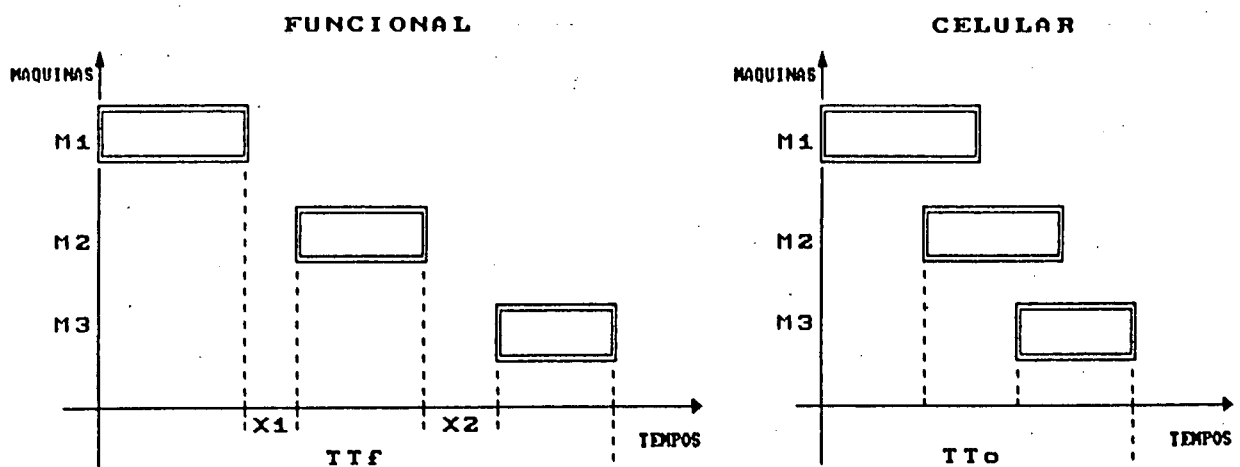
Devem ser evitadas experiências piloto que envolvam alterações profundas e que consumam muito tempo para sua execução inicial, uma vez que a relação custo/benefício e motivação poderá não ser a esperada.

O local de implantação destas experiências também deve ser estudado com cuidado. Para isto, deve ser feito um acompanhamento do fluxo de informações dentro da empresa, traçando para cada setor os dados de entrada, saída e como estes são manuseados dentro dos mesmos. Assim, consegue-se avaliar onde se encontram redundâncias e pontos de possíveis melhorias. Normalmente, o chão de fábrica é um dos locais onde os resultados podem ser mais visíveis. No caso da GT, experiências podem ser feitas com o objetivo de mostrar quais seriam os resultados obtidos com sua implantação, por experiências práticas de algumas de suas técnicas.

Uma experiência que pode ser feita, para mostrar algumas das vantagens da GT, é a simulação da fabricação em forma de células [88]. Isto pode ser feito de forma virtual, processando-se lotes de peças iguais através de "lay-out" tradicional e celular e comparando assim seus tempos (figura 4.6) [24]. Devem ser selecionadas, preferencialmente, peças simples, que não passem em

muitas máquinas, e mais familiares, ou seja, que possuam uma grande quantidade de outras peças semelhantes, evidenciando-se, assim, a possibilidade de criação de uma célula física, futuramente. Neste caso, a experiência propicia uma amostra da realidade do futuro ambiente onde estará atuando a filosofia de GT, mostrando claramente as vantagens, principalmente com relação aos tempos de espera (sendo este igual a 0 no caso do "lay-out" celular).

#### DISTRIBUICAO DE TEMPOS COM "LAY-OUT":



TTF= Tempo Total de Producao (Funcional)

X = Tempo de Espera (x=0, Funcional e x=0, Celular)

TTo= Tempo Total de Producao (Celular)

Sendo  $TTo \leq TTF$

FIGURA 4.6 - Comparação entre os Tempos de Fabricação de um "Lay-Out" Funcional e Celular

Outras implantações paralelas, que podem ser feitas, são experiências de organização a nível de chão de fábrica. Neste caso, o objetivo maior não é mostrar resultados da GT, mas,

preparar o ambiente fabril para uma melhor atuação da mesma. Sendo assim, apresentam-se, como as mais conhecidas, as Técnicas Japonesas para organização da produção [39,46,79,80,81,82,89]. São técnicas bastante simples, rápidas de implantar, que não envolvem grandes esforços e custos para mudanças e produzem resultados bastante rápidos. Em sua maior parte, estas técnicas estão voltadas para a troca de informações visuais, ou seja, transparência, possibilitando a qualquer funcionário, indiferente de seu cargo, obter um "status" de uma situação a qualquer momento. Normalmente, esta transparência de informações é dada através de painéis coloridos. Ainda, nestas técnicas, são criados ambientes dentro da fábrica, onde os funcionários envolvidos dão sugestões para melhoria de seus próprios trabalhos, dentro de pequenos grupos chamados Círculos de Controle de Qualidade (CCQ), permitindo a cada operário a participação na otimização do processo de produção [39,87,89,94,96].

Um dos exemplos mais tradicionais destas técnicas é o Kanban. Basicamente, o Kanban envolve a troca de informações através de painéis ou cartões, podendo ter aplicações desde as mais simples até as mais complexas. Os procedimentos normais de trocas de informações, através de memorandos e mensagens verbais, nem sempre tem se mostrado eficientes [49]. Sendo o objetivo maior, destas implantações paralelas, a motivação e a minimização de possível rejeição por parte das pessoas ao aprendizado e uso da GT, deve-se iniciar a aplicação do Kanban da forma mais simples possível. Deve-se evitar, em uma primeira instância, aplicações para a administração de toda a produção da empresa,

dentro de um contexto "just-in-time". Isto poderá criar antipatia por parte dos participantes ou frustrações no programa.

Desta forma, para o controle de estoques e entrada/saída de ferramentas, dispositivos de medição e fixação, de matéria-prima e outros, o Kanban apresenta-se simples, garantindo, assim, o sucesso da experiência e propiciando uma cultura inicial sobre o assunto na empresa.

A figura 4.7 mostra, de forma simplificada, o esquema de um kanban usado para controlar as linhas de montagem e produção de um sistema produtivo (sistema "puxar").

Quando a montagem sente necessidade de peças para manutenção de suas atividades, utiliza-se de um cartão, chamado de "kanban de montagem" para programar, no "Painel A", suas necessidades (1). Desta forma o "kanban de montagem" é fixado em uma caixa vazia e é levado até um estoque intermediário (2), onde processam duas atividades:

- o "kanban de montagem" é retirado desta caixa vazia e é fixado em uma caixa que contenha as peças requeridas (3). Sendo assim, o "kanban de montagem" acompanhado da caixa de peças, é levado à montagem novamente (4).

- a caixa de peças utilizada, possuía um outro cartão, o "kanban de produção", que é agora fixado na caixa vazia (5) e encaminhado à linha de produção (6), onde é fixado no "Painel B". Ao detectar a necessidade de produzir mais peças, a produção encarrega-se disto (7), encaminhando logo em seguida a caixa com peças para o estoque intermediário (8), aguardando um novo "kanban de montagem".

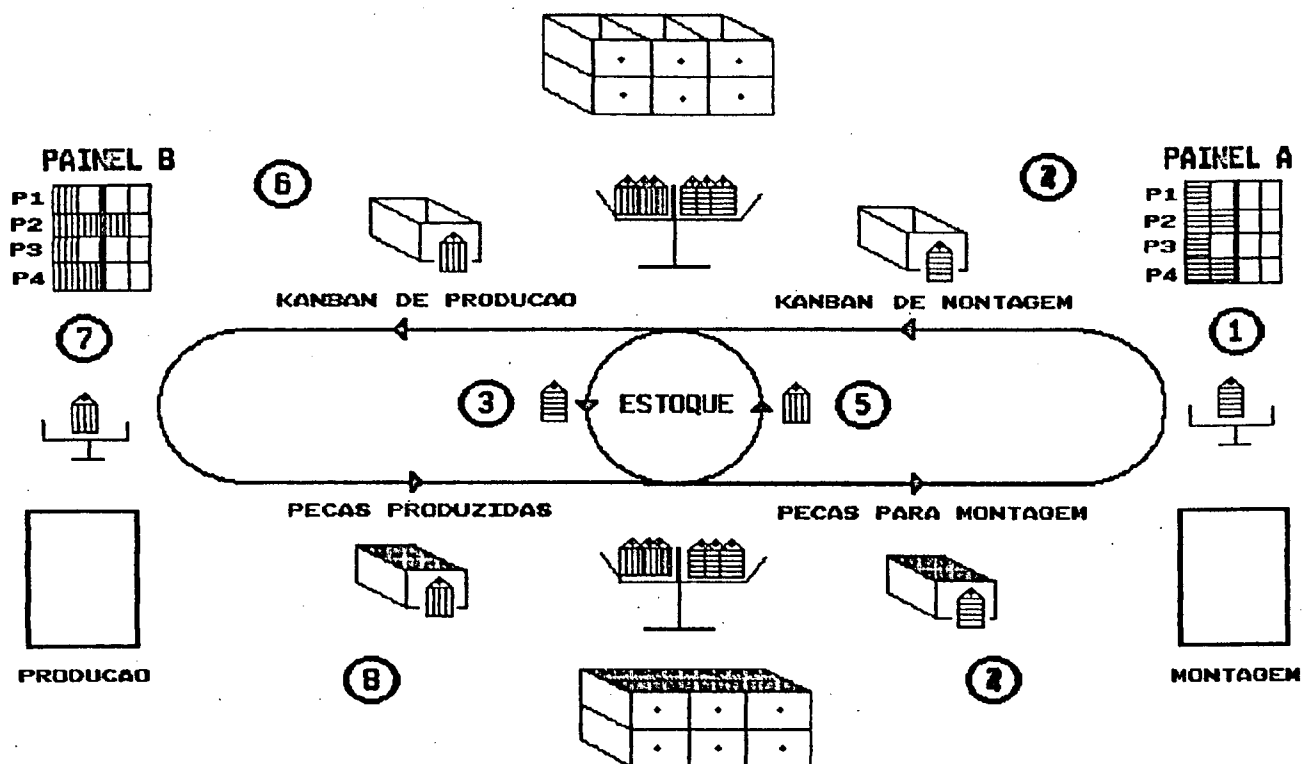


FIGURA 4.7 - Esquema de um Kanban

Como referido anteriormente, o Kanban ou outras técnicas desta natureza são ótimos pólos irradiadores e divulgadores destas inovações, auto-alimentando-se e criando, na empresa, um espírito bastante motivador e de receptividade a mudanças. Isto força, de certa forma, a criação de uma expectativa de mudanças, também, por parte das chefias que devem participar do processo, seja no simples apoio ou com novas idéias [39].

Por último, ressalta-se que não só as Técnicas Japonesas devem ser utilizadas com o objetivo de implantações paralelas, mas, qualquer técnica que venha a melhorar o ambiente de trabalho das pessoas, desde as condições técnicas até a sua própria organização. Desta forma, toda técnica que se propõe a organizar

e simplificar, em qualquer nível, o ambiente fabril será positiva e, possivelmente, bem recebida pelas pessoas [39,83].

Como em outros casos, nestas técnicas também se faz necessário uma conscientização. Esta pode ser feita de forma tradicional, através de palestras e exemplos, podendo em alguns casos, como forma de aumentar a motivação, serem organizadas visitas, com alguns dos envolvidos, à empresas que já tenham implantado estas técnicas com sucesso [39].

Um outro ambiente em que estas mudanças paralelas se fazem convenientes, é o escritório, ou seja, o ambiente de projetos e planejamento industrial, de uma forma geral. De modo mais acentuado que na fábrica, neste ambiente as reações podem ser mais fortes, necessitando, assim, um estudo mais aprofundado das suas atividades e da estratégia futura da empresa.

Com a implantação da Tecnologia de Grupo em uma empresa, muitas mudanças, sem dúvida, ocorrerão no ambiente de escritório. Entretanto, se o pessoal não estiver suficientemente conscientizado, motivado e convencido, com a implantação de um SCC, muitas destas mudanças podem não ocorrer. Isto, porque o ambiente terá um novo sistema, enquanto necessidades antigas ainda não foram supridas. Então, é fundamental um estudo aprofundado no fluxo de atividades e interações deste ambiente, com o objetivo de modernizar, racionalizar e motivar para a implantação de um SCC. Desta forma, no ambiente de escritório, podem ser feitas, inicialmente, a implantação de um programa de encontros para debates dos problemas do setor e possíveis soluções, baseadas em CCQ.

A criação de desenhos, processos de fabricação, dispositivos e ferramentas padrão, são conseqüências da aplicação da GT, mas, que podem ser desenvolvidas anteriormente ou em paralelo a sua implantação. Mesmo não sendo estas, atividades cômodas, por não se possuir ainda um SCC, elas contribuirão para a rápida implantação do SCC com grande possibilidade de se obter bons resultados. Isto pode ser tanto pela ajuda a criação do código, uma vez que peças que representem genericamente uma família, resumem uma grande quantidade de características da população de peças da empresa, quanto pelos resultados que serão conseguidos com a formação de famílias.

Isto tudo, se bem orientado, contribuirá para a integração entre os setores de projetos e processos, e os sub-setores dentro de cada um destes.

Como se pode perceber, as mudanças paralelas podem ser de grande utilidade, uma vez que criam melhores condições para a implantação de toda uma nova tecnologia na empresa, no caso específico GT/SCC, além de resultar em uma integração maior entre os setores e pessoas, prevendo futuras implantações rumo ao CIM [89]. Contudo, sempre acompanhado destas mudanças, deve-se observar sua viabilidade, garantia de resultados positivos, conscientização e diplomacia. Por esta razão, uma certa cautela deve ser usada, de forma a não permitir que um excesso de entusiasmo venha frustrar todo o programa, incluindo o de GT.

#### 4.9.2 - CONSCIENTIZAÇÃO, MOTIVAÇÃO E TREINAMENTO

A conscientização, a motivação e o treinamento das pessoas envolvidas, direta ou indiretamente, em um programa de GT, são fundamentais. Isto é válido desde as mais altas gerências até os usuários diretos do sistema, que estarão diretamente envolvidos com as mudanças advindas do mesmo. Sendo assim, dentro deste contexto, para o sucesso da aplicação da Tecnologia de Grupo, são necessários dois elementos [42]:

- confiança e comprometimento das Gerências, que deverão estar o mais instruídas possível, sobre o assunto;
- educação sobre GT à todos que irão interagir, direta ou indiretamente, com o programa.

Uma efetiva aceitação, por parte da Gerência, pode propiciar que sub-chefias realmente invistam em suas áreas, no sentido de implantar, de forma melhor, a GT, além de uma maior integração, não só de dados como também de áreas. A falta de envolvimento da gerência com a implantação, pode fazer com que os resultados do programa sejam frustrantes [16,49,25]. Além de toda a conscientização técnica às gerências e chefias, dos benefícios que o programa de GT trará, é fundamental a conscientização dos esforços que deverão ser feitos para se atingir os resultados, como: reuniões, tempo de funcionários disponíveis, investimentos, mudanças organizacionais e outras. Normalmente, a conscientização das gerências, diretores e chefias, pode ser feita através de palestras e seminários sobre o assunto, ministrados por consultores especializados. É importante que nestes seminários estas pessoas questionem ao máximo a validade do programa, de



forma que esgotem a maior parte de seus receios. Além destes seminários, devem ser promovidas visitas a outras empresas que já possuam seus programas de GT implantados com sucesso [1].

Desta forma, um programa de conscientização deve ser dirigido de cima para baixo, dentro do organograma da empresa. É fundamental que tenham sempre elementos da empresa à frente deste programa, seja integral ou parcialmente (quando feito por terceiros). Também, é desejável que estas pessoas estejam suficientemente convencidas da necessidade de implantação. Isto criará nos participantes uma maior confiança e motivação com relação ao programa.

Um plano de estratégia e um cronograma de objetivos, o mais transparente possível, devem fazer parte do programa de conscientização, que deve seguir paralelamente à implantação. Somado a isto, um outro aspecto que deve ser incluído neste programa são exemplos práticos, se possível, com situações dentro da própria empresa, para que, assim, os participantes possam assimilar mais claramente os objetivos (conforme relatado nas experiências piloto).

Um programa de conscientização mal conduzido, o que não é anormal, uma vez que as pessoas envolvidas com áreas técnicas possuem a tendência de ser muito racionais, pode trazer muitas barreiras a serem transpassadas [80,106].

A falta de divulgação de um programa de implantação, praticamente inviabiliza qualquer tentativa de levantamento de dados reais para tomadas de decisões. As pessoas dificilmente darão informações sobre suas atividades, sem saber se as mesmas serão usadas para prejudicá-las ou ajudá-las. Um outro ponto, é o

fato de dispenderem tempo com algo que não é oficial, perante sua chefia, podendo lhes causar prejuízo em suas atividades.

Também, a falta de uma clara estratégia, com objetivos bem definidos, faz com que as pessoas sintam seus empregos ameaçados ou que se sintam desmoralizadas frente a que poderá surgir. Isto cria, não só um boicote às informações, mas, uma forte corrente contra a implantação do sistema.

É normal alguns setores julgarem um programa de implantação de novas tecnologias como uma invasão a suas atribuições, principalmente, quando estas atividades serão desenvolvidas em conjunto com empresas de consultoria [49]. Neste caso, uma atenção maior deve ser dada a este programa de conscientização, sob pena de antes mesmo de iniciar as atividades de implantação, haver uma forte resistência.

O mais comum dos obstáculos à implantação da GT, em qualquer área, é a resistência a mudanças. Os temores e a inércia humana ao desconhecido, são citados como os antecedentes para as dificuldades de implantação e condução de um programa de GT/SCC [42,84,106].

As resistências podem se apresentar de diferentes formas, como [84]:

- nas gerências, normalmente pela falta de atualização com as modernas técnicas de administração de manufatura;
- nos engenheiros e técnicos, somado a falta de atualização, a insegurança destes profissionais com relação a mudanças nas suas rotinas de trabalho;

- resistências à inovação que vem de fora, normalmente de caráter puramente psicológico e se manifestando em grupos de trabalhos que só aceitam aquilo que é proposto pelo próprio grupo.

Nestes casos, as resistências a mudanças, tem uma grande parcela de medo, pois, as pessoas sentem-se ameaçadas ou sujeitas a [84]:

- perder seu emprego, caso as mudanças eliminem tarefas e/ou funções;
- ter sua especialização, identidade profissional, ou "status" na empresa, completamente desvalorizados, tendo que começar tudo novamente, depois de tantos anos de trabalho sério;
- ser submetido a adquirir novas capacitações, o que pode ser difícil para quem está anos afastado da sala de aula. Isto pode apresentar situações embaraçosas perante colegas e subordinados mais jovens com melhor base escolar;
- perder seu poder, influência, autoridade e controle, fatores que mantém estas pessoas respeitadas e consideradas dentro do sistema.

Entretanto, a inovação tem que ocorrer e novas tecnologias precisam ser implantadas, sob pena da empresa tornar-se ultrapassada.

Sendo assim, o programa de conscientização e integração pode ser conduzido através de reuniões programadas, debates, seminários, técnicas de formação de equipes (dinâmica de grupo) orientadas por especialistas, políticas de rotatividade funcional e outras atividades relacionadas com a educação sobre a GT, removendo, assim, algumas destas barreiras. Também, informações e

envolvimentos das pessoas que trabalharão com a GT, nos estágios iniciais do programa, é um componente essencial para o sucesso do programa [35,42]. Como referido no capítulo 4, o envolvimento destas pessoas deve ser feito de forma mais oficial possível perante as chefias e as reuniões devem ter uma freqüência de horário e datas previamente estabelecidos.

O treinamento é um outro aspecto que tem sua importância dentro de um plano de implantação [16,40,85]. Muitas vezes, seu custo pode ser considerado alto, se não analisado dentro do programa de implantação como um todo, comparado com os benefícios que o mesmo pode trazer. Paralelo a isto, é normal verificar-se, muitas vezes, que sob a desculpa de que certas pessoas são insubstituíveis, há relutância em liberar pessoal de produção para aprimoramento e treinamento. Em alguns casos, milhares de dólares são gastos em programas e compras de sistemas computacionais e são recusados investimentos adicionais em treinamento, algo tão intangível, mas, de crítica importância para a eficiência da implantação. Entretanto, muitas empresas estão sentindo a necessidade de mudarem este quadro [85].

Por exemplo, a empresa Mahle, maior fabricante mundial de pistões, gastou 4.818 horas em treinamento conceitual, para educação e mudança cultural aos seus funcionários, fornecido por consultoria externa, envolvendo 610 participantes. Destas, 2.400 horas foram dedicadas ao treinamento de 300 pessoas para utilização de um software de MRPII (Copics - IBM) [86].

Assim, um cuidadoso e intensivo treinamento de usuários, nos mais diversos níveis, é absolutamente essencial, para uma

implantação com sucesso de GT, principalmente, para o Sistema de Classificação e Codificação. Também deve ficar bem clara, a diferença entre os treinamentos conceituais e de utilização de sistemas computacionais, ambos de suma importância [40].

Como abordado anteriormente, o treinamento pode ser dividido em diferentes etapas, como [36,40]:

- conscientização geral a todos os envolvidos, direta o indiretamente com o programa de GT/SCC;
- treinamento e conscientização dos envolvidos diretamente com o programa, tanto com relação a filosofia de GT, quanto na utilização do código e sistema computacional;
- treinamento intensivo para os codificadores, ou seja, aquelas pessoas que irão codificar as peças no sistema, principalmente, quanto à lógica, estrutura e convenções do sistema de codificação.

Finalmente, os benefícios conseguidos com um programa de conscientização, motivação e treinamento, podem não ser muito visíveis, contudo, da sua atuação poderá depender o sucesso do programa de GT/SCC. Somado a este programa, deve-se prever contatos e esclarecimentos a sindicatos, para evitar assim problemas maiores [17,80]. Por último, deve-se ressaltar que atualmente, mais e mais, o sucesso de uma implantação, depende das pessoas nela envolvidas. Sendo assim, deve-se acima de tudo tratar os seus participantes como seres humanos, que possuem sentimentos, problemas financeiros, familiares, etc..

Neste sentido, Abraham H. Maslow [106], coloca alguns aspectos comportamentais do ser humano, em oposição as abordagens analíticas-atomicistas Newtoniana e da fisicoanálise Freudiana,

muito utilizadas até poucos anos atrás. Desta forma, é enfocada a importância de se considerar pontos como o relacionamento do homem com ele próprio, com a sociedade e até com o cosmos, durante a realização de uma atividade em que o mesmo esteja envolvido.

As pessoas, de uma forma geral, possuem neuroses e frustrações advindas das mais diversas situações, que podem variar desde uma carência ou privação na infância até uma insatisfação momentânea. Sendo assim, um único aspecto de perturbação (um desejo ou aspiração latente não satisfeito) em um indivíduo, poderá moldá-lo, fazendo com que o mesmo tenha um comportamento diferenciado de seu usual e de outros indivíduos. Por exemplo, uma pessoa com uma fome extrema, poderá ter reações irracionais para obter a comida. Desta forma, sempre que exista um desejo ou aspiração latente, as tendências futuras, poderão se alterar em função desta necessidade atual (premente de ser resolvida), ou seja, todas as outras coisas poderão ser colocadas em função de tal. Desejos como roupas, carros, amizades, companhias, prazer, amor, etc. poderão estar em primeiro plano se outros desejos mais básicos forem supridos. Entretanto, as necessidades fisiológicas estão acima das outras necessidades. Por esta razão, a motivação estará totalmente relacionada com as necessidades, desejos e objetivos dos homens. Isto também dependerá da cultura e dos valores dados por ela [106].

A motivação é constante no ser humano, nunca termina, isto porque o homem um animal racional e raramente sente um estado de completa satisfação, exceto por um pequeno tempo. Mesmo assim,

este dependerá de todos os outros desejos ou grau de motivação em que se encontra o organismo [106].

Se um indivíduo está fazendo o que ele está preparado (ou o que ele sabe fazer), quando não existe uma necessidade mais premente, fatalmente resultará em uma atividade bem feita. O homem deve ser verdadeiro em sua própria natureza, ou seja, o que ele pode ser, ele deve ser [106].

A saúde do homem, é motivada primariamente pelas suas necessidades de desenvolver e atualizar-se em suas potencialidades e capacidades. Um homem frustrado em um de seus desejos básicos, pode ser visto como um homem "doente" ou não completo. Desta forma, pode-se observar que a principal razão na motivação da vida humana, é o arranjo das necessidades básicas em prioridades maiores e menores [106].

Finalmente, pode-se concluir que o ser humano é um animal bem mais complexo do que se pode imaginar e o fator motivação poderá possuir muitas variáveis. Por esta razão, em uma implantação que envolva pessoas, deve-se tentar inibir o máximo estas variáveis, minimizando assim este problema.

#### 4.9.3 - ASPECTOS COMPUTACIONAIS

Hoje em dia, devem ser considerados, cada vez mais, os aspectos computacionais na implantação de sistemas de informações. Isto deve-se, como referido no capítulo 3, basicamente ao grande desenvolvimento dos computadores nas últimas décadas, e sua atuação, inevitavelmente cada vez maior, principalmente dentro das empresas, sendo uma ferramenta altamente necessária para uma agilização e troca de informações.

Como não poderia deixar de ser, na GT, também existem possibilidades para a aplicação do computador, que podem variar desde sistemas simples até complexos. Entretanto, deve-se salientar que, aplicações de computador para novas filosofias de produção devem sempre vir acompanhadas de muito bom senso e de uma forma racional. Isto é fundamental para que a empresa não se identifique com esta "era computacional" e informatize tudo a sua volta, não obtendo, assim, resultados satisfatórios, enquanto uma simples organização seria suficiente [88].

São várias as empresas que iniciaram seu processo de automatização e apresentam-se embaraçadas com papéis, nem sempre úteis, emitidos pelo computador, usados, normalmente, como rascunhos, fruto principalmente de não conhecimento de seus procedimentos usuais e da desorganização. Por esta razão, como referido anteriormente, a necessidade constante de simplificar e organizar, antes de automatizar [46,55,88].

A aplicação de um sistema computacional para a implantação da GT, especificamente Sistemas de Classificação e Codificação, é atualmente imprescindível. Torna-se questionável, hoje em dia, a implantação de um SCC sem o apoio computacional. Ainda, deve-se ressaltar que este apoio não se restringe somente a recuperação de peças, mas, interfaces com usuários, de forma a facilitar e agilizar este processo, e interfaces com outros sistemas da empresa, resultando em sistemas computacionais mais complexos. Neste sentido, muitos dos Sistemas de Classificação e Codificação apresentam-se interativos e guiam o usuário através de estruturas baseadas em árvores de decisão para chegar ao dígito específico,



que pode ser utilizado para recuperar informações ou outras propostas.

Ainda, um SCC, atualmente, deve prever a introdução de vários tipos de componentes dentro da empresa, como, componentes eletrônicos, montagem, submontagens, peças compradas e outros (figura 4.8), o que pode ser conseguido com uma maior flexibilidade computacional [13,41,43,62].

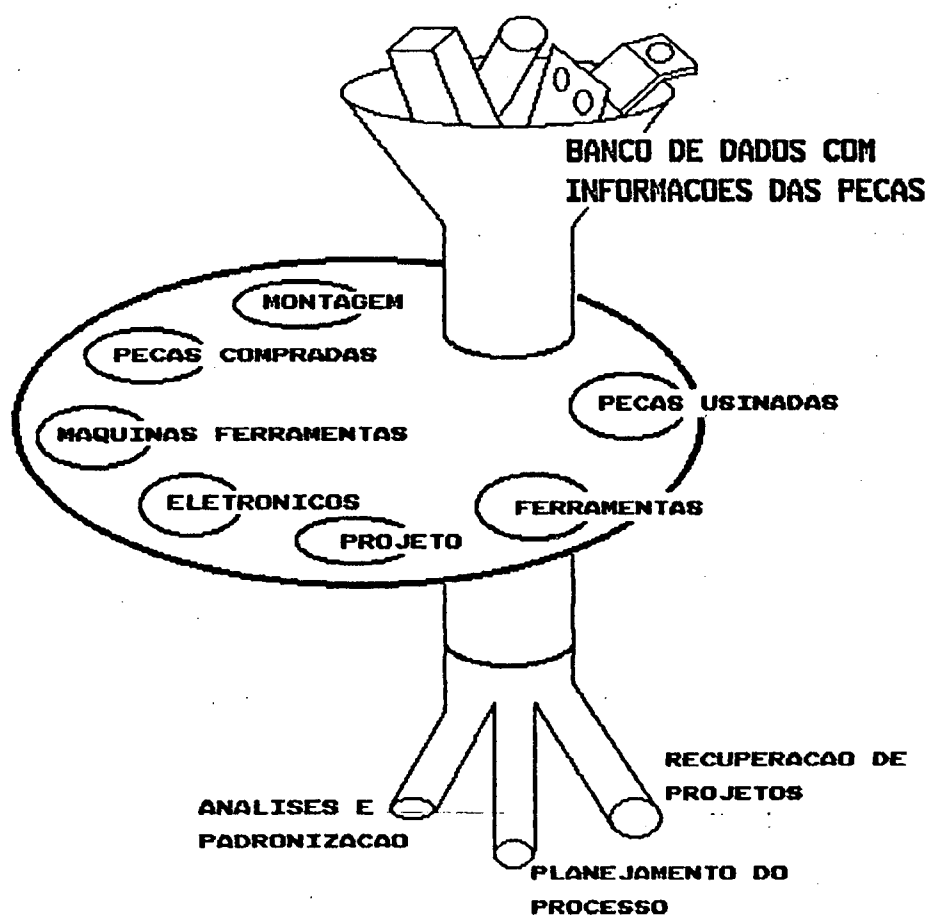


FIGURA 4.8 - Abrangência de um SCC e suas Aplicações [62]

Os sistemas mais antigos possuíam um código rígido, sendo assim considerados sistemas relativamente inflexíveis, pois, não poderiam ser estendidos para a introdução de diferentes componentes da empresa, sem maiores modificações no "software".

Como já comentado no Capítulo 3, existe disponível um número considerável de artigos publicados sobre GT, mostrando novas propostas de integração com CAD, CAPP, CAM, etc.. Muitos destes sistemas foram desenvolvidos para domínios específicos e a nível de protótipos. Também, na sua maioria se utilizam, de alguma forma, de técnicas de programação baseadas em inteligência artificial (IA).

Assim, os sistemas podem tomar muitas das vantagens do estado da arte em tecnologias de "hardware" e "software", reconhecendo as necessidades de diferentes setores de uma companhia de fabricação. O "hardware" permitindo uma grande interatividade, facilidade e rapidez e o "software" permitindo a criação coerente e fácil de números de código, policiando o usuário a cada passo. Desta forma, cada usuário terá acesso a suas características afins, sem muito esforço. Estes sistemas juntam todas estas necessidades em uma única árvore de decisão [23,62].

Paralelo à abrangência específica do SCC, os sistemas computacionais, dentro da filosofia CIM, devem prever uma série de interfaces com os outros sistemas existentes na empresa, possibilitando assim uma maior integração em torno de uma única base de dados (figura 4.9). Sendo assim, aspectos como linguagem de programação, padrões de comunicação, transferência de dados e outros, devem ser bem estudados quando da elaboração do mesmo.

Especificamente com relação a "software", aspectos como portabilidade, comunicação, interfaces, flexibilidade, expansão, manutenção e outros, devem ser considerados [75].

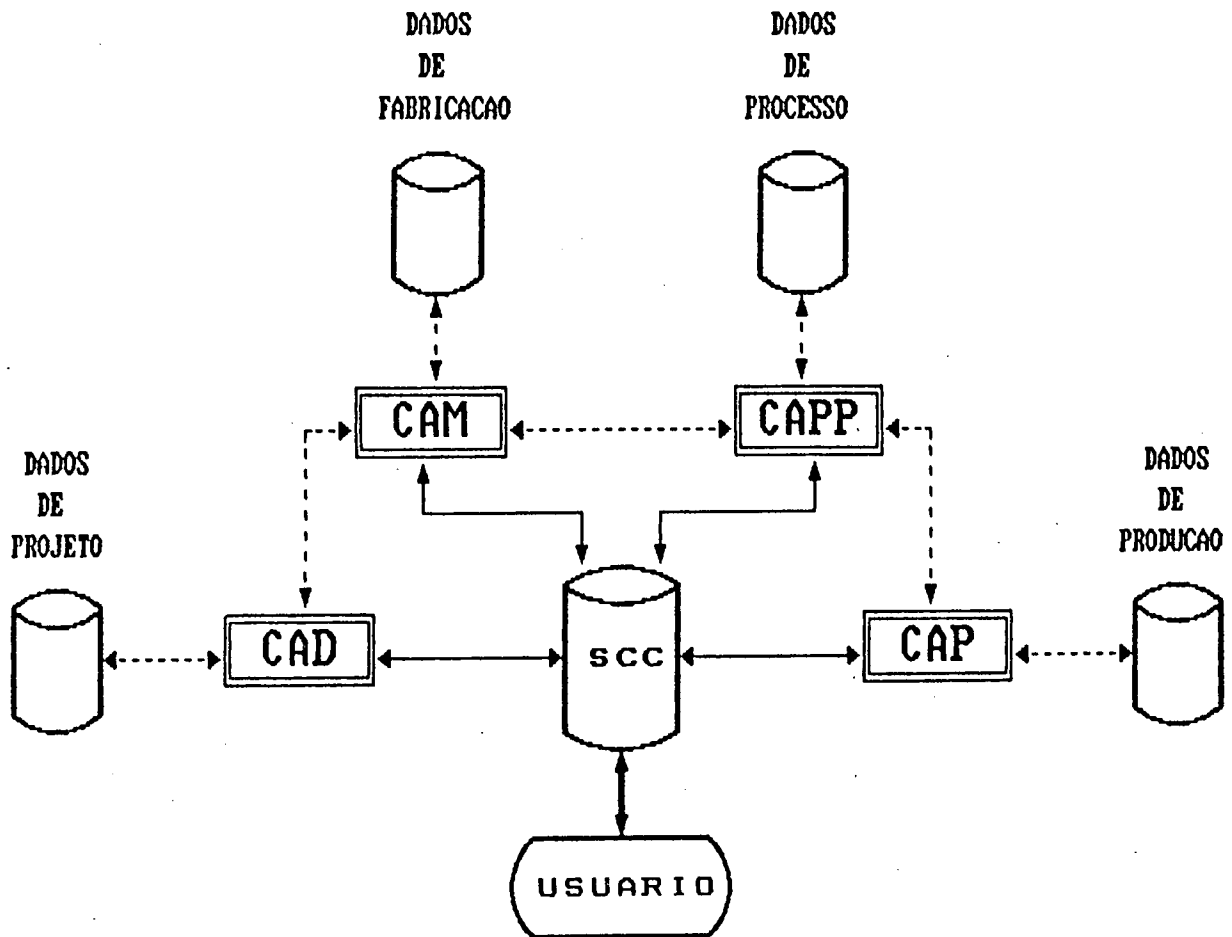


FIGURA 4.9 - SCC dentro de uma Empresa

Ainda como abordado anteriormente no item 4.3, a decisão entre "comprar ou fazer" um sistema computacional para o SCC, é uma das primeiras que deve ser tomada, quando da implantação do mesmo. Entretanto, indiferente da opção feita, para a introdução de um SCC, muitos aspectos devem ser estudados. Para isto, será necessário que ocorra uma intensa troca de informações entre quem irá desenvolver o sistema (analistas) e quem utilizará o mesmo (engenheiros e técnicos).

Segundo James Baker, vice-presidente executivo da GE (General Electric), "no planejamento para a automatização, é importante desenvolver-se uma forte aliança entre quem conhece os negócios que serão automatizados e quem conhece os negócios de automatizar" [46]. Neste sentido, uma boa e formal metodologia de comunicação deve ser traçada entre os setores que desenvolverão o sistema e os usuários, tanto no caso de um sistema desenvolvido dentro da própria empresa, como principalmente, quando será fornecido por consultoria externa. Isto evitará, que o sistema desenvolvido venha a não suprir as necessidades dos usuários, ao mesmo tempo que minimizará inconsistências nas informações colhidas dos mesmos. Cabe, ainda, ressaltar que, em ambos os casos, deve-se, com base nos objetivos traçados, prever a concepção do sistema de forma mais flexível possível [75].

Sendo assim, devem ser definidos a abrangência do sistema computacional e seus objetivos dentro da empresa. Se possível, também, uma idéia de expansões futuras do mesmo. Tudo isto deve estar transparente para quem vai desenvolver computacionalmente o sistema. Se necessário, um treinamento sobre o assunto deve ser fornecido a estas pessoas, caso não possuam, de forma que possam compreender melhor as necessidades dos usuários.

Dados como disponibilidade de "software" e "hardware" e o Plano Diretor de Informática da empresa, caso possua, são de suma importância para decidir-se em que plataforma o sistema poderá ser desenvolvido e quais as necessidades, se existirem.

Concluído este estudo inicial, uma primeira proposta com definição das fases para o desenvolvimento computacional do

sistema, deve ser feita. Neste cronograma, devem ser previstos debates e demonstrações aos coordenadores do programa, para que ajustes possam ser feitos, durante a fase de desenvolvimento. Isto também servirá como uma pré-conscientização e treinamento aos envolvidos. Dentro destas demonstrações, deve-se, se possível, utilizar o código que está sendo criado na empresa, tornando o programa mais real aos olhos das gerências, obtendo, assim, uma maior motivação das mesmas.

Deve-se ressaltar, que o desenvolvimento da estrutura do código, deve estar ocorrendo em paralelo a este desenvolvimento computacional.

Os SCC, devido a suas características peculiares, devem possuir uma interface bastante amigável com o usuário, oferecendo ao mesmo uma grande facilidade no manuseio do sistema [23,62].

A criação de menus, onde, através de escolhas das opções o usuário navega através das telas do sistema, bem como "help's" instalados ao longo do mesmo e até dispositivos que evitam entrada de dados inconsistentes, são algumas das opções que podem ser conseguidas facilmente com os recursos computacionais disponíveis atualmente. Para melhor possibilitar isto, é fundamental a criação de manuais do sistema, tanto para os usuário como para analistas (documentação), uma vez que existe rotatividade de pessoas dentro de uma empresa, e que mudanças futuras podem ser necessárias [40].

Finalmente, um SCC por si só, deve possibilitar uma fácil e rápida codificação e recuperação de peças. Todas as vantagens paralelas e também importantes, são conseguidas conforme a organização e/ou estrutura computacional da empresa. Isto deve

ser bem esclarecido a quem deseja implantar um programa desta natureza em sua empresa, para se evitarem falsas expectativas, principalmente no que se refere a programas futuros.

Sendo assim, quando do desenvolvimento próprio de um SCC, deve-se verificar, também, quais os recursos existentes que permitam a confecção de um sistema o mais moderno e eficiente possível, entretanto, sempre aplicando isto a objetivos práticos e concretizáveis, sob pena de se chegar a um sistema incompleto e ineficiente. Por outro lado, se as ferramentas disponíveis são simples, isto não deve ser visto como justificativa para o não desenvolvimento do sistema, pois, o mesmo é apenas parte de todo um programa de organização e automatização, bem mais amplo, e que deve ser implementado, o quanto antes, para a modernização de um ambiente de manufatura.

## 5.0 - UMA IMPLANTAÇÃO PRÁTICA EM UMA EMPRESA METAL-MECÂNICA

### 5.1 - INTRODUÇÃO

A implantação apresentada neste trabalho, foi desenvolvida dentro de um projeto de cooperação entre Universidade (GRUCON - Grupo de Pesquisa e Treinamento em Comando Numérico e Automatização Industrial) e Empresa. Sendo assim, embora parte das atividades apresentadas tivessem ficado restritas a limitantes do projeto em questão, alguns aspectos puderam ser comprovados na prática, sendo um destes, as variáveis envolvidas no desenvolvimento de um Sistema de Classificação e Codificação. Cabe ressaltar que não se teve a oportunidade de uma implantação prática do referido sistema na empresa envolvida, devido a interrupção do projeto, causado pelas mudanças econômicas ocorridas no país, quando do início deste governo.

### 5.2 - CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

#### 5.2.1 - ESTRUTURA BÁSICA

A empresa em questão, apresenta-se caracterizada como do ramo metal-mecânico, de produção sob encomenda. Dentre os principais produtos manufaturados pela mesma, pode-se destacar basicamente:

- compressores à gás de grande porte;
- escavadeiras hidráulicas para mineração;
- injetoras de plástico;
- fornos de redução à arco; e
- sistemas de lingotamento e laminação contínuos.

Por possuir uma linha de produtos diversificados, a empresa apresenta seus setores de engenharia de projetos, verticalizados para cada tipo de produto, tendo entretanto, um setor de engenharia de fabricação único para todos os produtos (DPI- Departamento de Planejamento Industrial). Também devido às características de fabricação de seus produtos, a mesma possuía sua fábrica dividida basicamente em caldeiraria e usinagem, como mostrado na figura 5.1. O "lay-out", de suas máquinas-ferramenta, apresenta-se caracterizado como funcional.

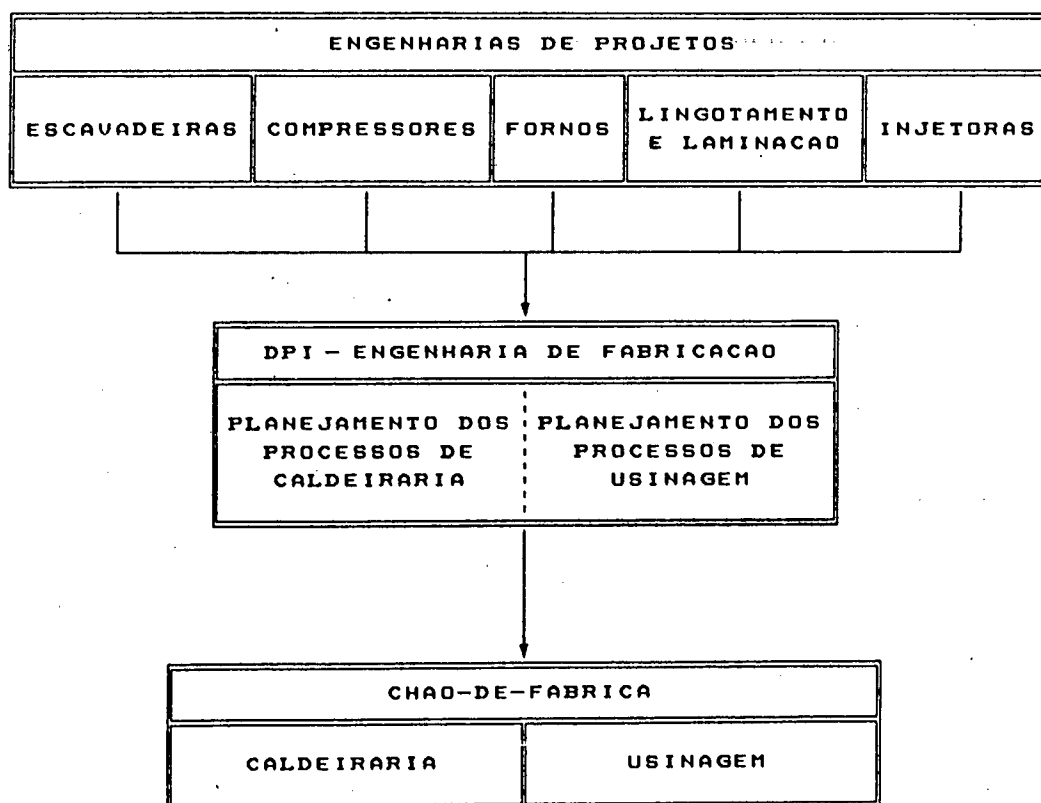


FIGURA 5.1 - Estrutura básica da empresa

### 5.2.2 - ORGANOGRAMA

Dentro de seu organograma, a empresa possui três gerências, independentes entre si (figura 5.2):



- Gerência de Equipamentos e Fabricação: responsável pelos setores de engenharias de projetos de Compressores, Escavadeiras e Injetoras, além dos setores envolvidos com a fabricação;
- Gerência de Estruturas Metálicas: responsável pelos setores de engenharia de Fornos e Sistemas de Lingotamento e Laminação, bem como o setor de Normas Técnicas. Esta gerência incorporava também a função de Gerência Geral da empresa; e
- Gerência Administrativa: responsável pelos setores de Processamento de Dados e administrativos.

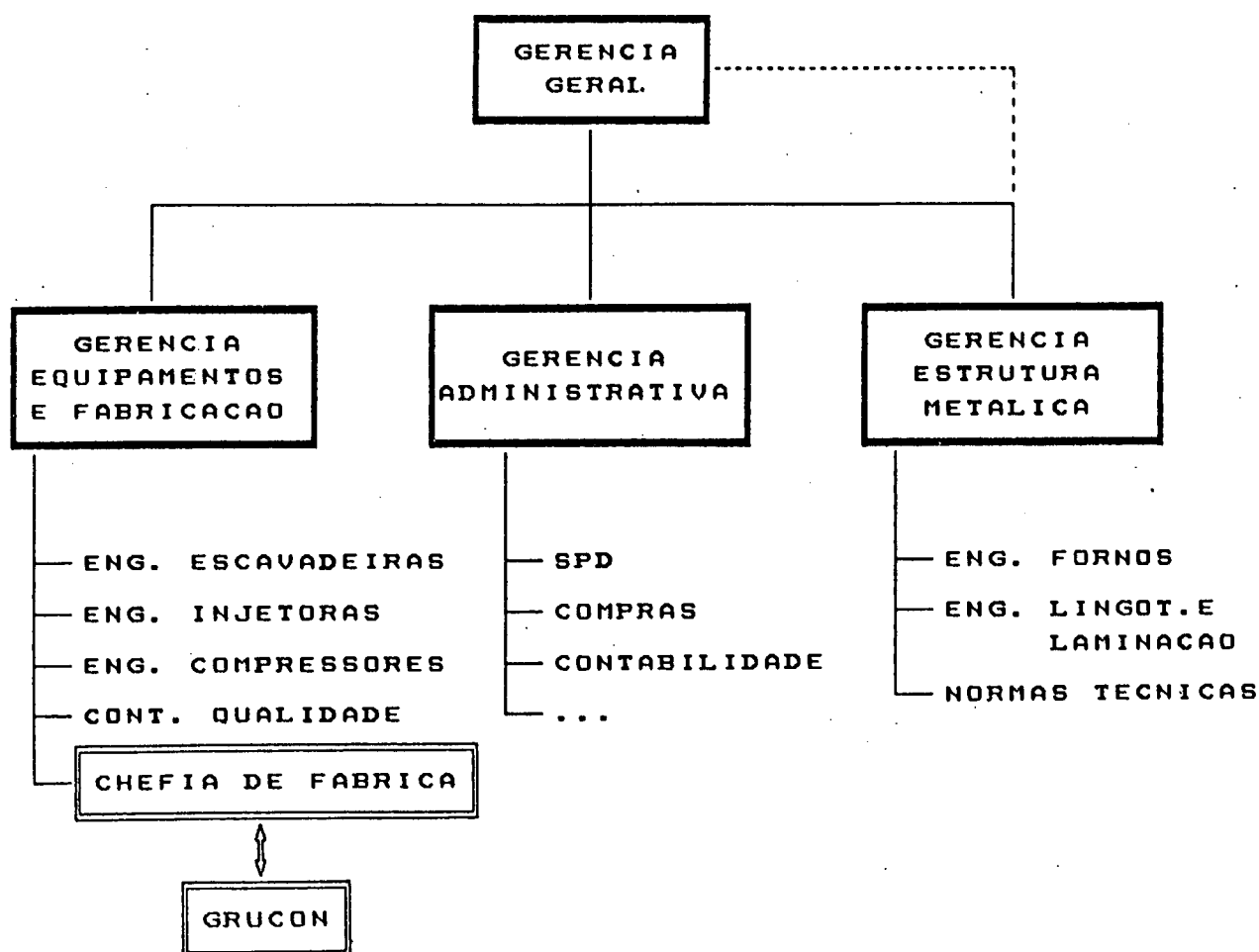


FIGURA 5.2 - Organograma da empresa

O projeto de cooperação, ficou subordinado desde seu início à Gerência de Equipamentos e Fabricação, que nomeou a Chefia de Fábrica para acompanhar, na empresa, as atividades do GRUCON.

### 5.3 - INÍCIO DO PROJETO

O projeto teve seu início, quando a empresa solicitou ao GRUCON, para um acompanhamento e orientação na implantação de seu sistema CAD/CAM, mais especificamente o sistema CAM, além de uma melhoria no seu sistema produtivo.

Neste sentido, dentro de uma primeira avaliação da estrutura produtiva da empresa, percebeu-se algumas deficiências básicas, a saber:

- dificuldade de recuperar dados tecnológicos disponíveis em arquivos;
- cada setor de engenharia de projeto, possuía seu próprio arquivo de peças, gerando assim uma grande despadronização entre elementos funcionais e terminologias dentro da empresa. Isto também acarretava na geração de ferramentas diversificadas, além da despadronização de operações de fabricação;
- grande parte do histórico da empresa, estava armazenado em função dos produtos, já fabricados, e não pelo número de identificação das peças, gerando assim uma grande dificuldade na recuperação de desenhos e planos de fabricação destas;
- geração de desenhos iguais com números de identificação diferentes, somado a criação de diferentes planos de processos para uma mesma peça ou peças iguais;

- grande dificuldade de planejamento e controle da produção, somado a altos tempos de passagem pela fábrica ("lead-time"), e outros.

Pode-se perceber que a implantação de um sistema CAD/CAM, poderia reduzir parte destes problemas, contudo, a implantação de um SCC, somado a algumas otimizações, seria uma forma eficaz para a empresa eliminar, quase que totalmente, os problemas referidos acima, além de outros que surgiam como consequência.

Desta forma, um planejamento para esta implantação, somada a do CAM, foi apresentado às gerências e uma vez aceito, deram-se início as atividades. Inicialmente, foram previstos 2 anos para o desenvolvimento das atividades.

Sendo assim, foi instalada na empresa uma equipe de profissionais, composta por um engenheiro (autor deste trabalho) e dois estagiários do GRUCON. Na universidade, dispunha-se de mais uma equipe, responsável pelo desenvolvimento computacional, composta por um analista de sistemas e estagiários dos cursos de engenharia mecânica e computação.

### 5.3.1 - APRESENTAÇÃO A EMPRESA

Antes de iniciar as atividades do projeto, solicitou-se à empresa uma apresentação oficial da equipe formada a todos os setores com que a mesma estaria envolvida. Pode-se perceber nesta etapa, em função da posição ocupada pela Chefia de Fábrica, perante o organograma, que muitos setores envolvidos não participaram desta apresentação inicial. Isto foi uma das causas principais de alguns problemas, que serão citados mais a frente.

#### 5.4 - LEVANTAMENTO DO FLUXO DE INFORMAÇÕES

Com o objetivo de se obter um real "status" da situação da empresa, para traçar as diretrizes específicas de implantação do sistema CAM e do SCC, definiu-se como primeira atividade o Levantamento do Fluxo de Informações.

Neste levantamento, acompanhou-se o fluxo de informações da empresa, desde o setor de Orçamento até o de Montagem. Foram coletados dados, como, principais atividades, problemas, documentos de entrada e saída, e arquivos de dados (para cada setor).

Todos estes dados foram expressos na forma de DFD (Diagramas de Fluxo de Dados), propiciando à equipe GRUCON, sugerir uma série de modificações e otimizações, julgadas necessárias, em pontos de maior deficiência. Isto tinha como objetivo preparar, da melhor forma possível, o ambiente para a implantação dos sistemas CAM e SCC. Entretanto, estas sugestões apenas foram encaminhadas, sendo que as ações, deveriam ser tomadas pela empresa.

Também nesta etapa, pode-se perceber na empresa, uma falta acentuada de cultura, no que diz respeito a sistemas CAD/CAM ou outras filosofias que estejam dentro do contexto CIM. Desta forma, decidiu-se pela implantação do sistema CAM inicialmente, e após, desmistificando conceitualmente parte destas tecnologias, partir-se para implantação do SCC. Sendo assim, paralelamente a implantação do CAM, disporia-se de tempo para conscientização inicial sobre as tecnologias citadas e seleção das pessoas que estariam diretamente envolvidas com a implantação do SCC.

Ao final do Levantamento do Fluxo de Informações, possuía-se uma idéia de quais áreas específicas que estariam envolvidas com o desenvolvimento e utilização do SCC. Basicamente seriam as áreas de engenharias de projeto e de fabricação.

## 5.5 - IMPLANTAÇÃO DO CAM

O sistema CAM implantado na empresa foi o EXAPT (EXtended of Automatilly Programming Tool), na sua última versão. Este sistema apresentava-se gráfico interativo propiciando aos seus usuários, uma programação automática, para o comando numérico, muito confortável. O presente trabalho não entrará em maiores detalhes sobre este sistema, por não fazer parte do escopo do mesmo.

Desta forma, antes da chegada de "hardware" e "software", efetivou-se um treinamento nos módulos básicos da linguagem, uma vez que, para operação do sistema gráfico interativo, este conhecimento seria necessário. Após este treinamento, efetivou-se um outro utilizando um módulo mais avançado da linguagem. Nesta etapa a empresa já possuía o sistema instalado, podendo parte deste treinamento ser feito de forma prática, com a utilização dos terminais.

No treinamento dos módulos básicos do sistema, teve-se o cuidado de incluir, além das pessoas do setor de programação NC, outras, que dentro da estratégia futura da empresa, poderiam estar envolvidas com esta tecnologia, ficando assim como reserva estratégica, a ser usada em caso de necessidade.

Paralelamente a implantação do "software", por um especialista da Alemanha, também foi fornecido o treinamento

básico no módulo gráfico interativo do sistema, cabendo ao GRUCON, o estudo e tradução dos manuais, no sentido de dar, aos usuários, condições mais eficientes para o aprendizado de utilização do sistema.

Finalmente, com todas condições propícias, os usuários passaram a utilizar cada vez mais o sistema, até um ponto, onde eles mesmos dominaram quase que totalmente o mesmo. O domínio completo do sistema, seria apenas uma questão de tempo.

#### 5.5.1 - PROBLEMAS NA IMPLANTAÇÃO DO CAM

Antes mesmo do início do treinamento, na linguagem de programação do CAM, pode-se perceber uma forte resistência por parte do setor onde o sistema seria implantado, principalmente por parte de sua chefia.

Dentre algumas das razões desta resistência, pode-se citar:

- o setor possuía um sistema computacional de programação manual desenvolvido pela própria chefia, que julgava suficiente, não sendo necessário um sistema do porte que estava sendo adquirido;
- desconhecimento da filosofia de programação através da linguagem automática. Sendo assim, razões como o alto gasto de papel, fita perfurada, tempo de processamento e pós-processamento, eram suficientes para a não validade de implantação do sistema;
- desconhecimento do próprio sistema que seria implantado;
- quando da implantação do sistema, alguns módulos do mesmo não apresentavam-se ainda completamente operacionais;
- o próprio espírito crítico do chefe do setor.

Desta forma, muitas discussões sobre o assunto foram travadas, no sentido de mostrar aos usuários, o enquadramento e funcionamento da linguagem automática, dentro de um contexto mais amplo de produção flexível.

Para isto, primeiramente, tentou-se dar todas as condições necessárias para pleno funcionamento do sistema, como deixá-lo totalmente operacional, além da tradução dos manuais mais básicos do mesmo. Também insistiu-se inicialmente, que os usuários utilizassem o sistema, indiferentemente dos resultados obtidos. Para isto, as chefias, na qual este setor estava subordinado, foram conscientizadas e envolvidas.

Em um determinado estágio, os usuários passaram a utilizar mais o sistema, demonstrando maior curiosidade e interesse tornando-se então exigentes por condições de melhor funcionamento do mesmo. Com isto, praticamente, muitas das barreiras, inicialmente criadas pelos mesmos, desapareceram. Deve-se ressaltar, que o sistema anterior continuou a ser utilizado, contudo, maior atenção passou a ser dada para este novo sistema. Um ponto importante desta crescente utilização do novo sistema foi o interesse específico de alguns programadores que, indiferentemente das críticas da chefia, começaram a utilizar o sistema com mais intensidade, obtendo resultados cada vez mais significativos, em termos de tempo, flexibilidade e qualidade da programação, praticamente induzindo os outros usuários e até a chefia a fazer o mesmo, consolidando-se assim a implantação.

## 5.6 - IMPLANTAÇÃO DO SCC

### 5.6.1 - CONSCIENTIZAÇÃO E FORMAÇÃO DA EQUIPE

Nos estágios finais da implantação do CAM, a equipe GRUCON, possuía um forte entrosamento com a empresa, tanto técnico como humano, tendo já sido realizadas reuniões de conscientização com as pessoas possivelmente envolvidas com a implantação do SCC.

Nesta conscientização inicial, foram abordados temas de tecnologias como CAD/CAM, CAPP, "Just-in-Time", CIM e outros que, de alguma forma, estão relacionados com a GT, mostrando assim, como poderiam estar sendo aplicados dentro da empresa. Neste sentido foram citados, algumas vezes, casos dentro da própria empresa, onde se obteria maior aproveitamento com a implantação destas. Também foi mostrado onde se enquadrava, o projeto em questão, dentro de tais temas. Todas estas reuniões iniciais foram realizadas com a participação de um representante da Chefia de Fábrica, mostrando assim o apoio e concordância da gerência com tal programa.

Para seleção inicial das pessoas que participariam destas reuniões, solicitou-se que as chefias de cada setor convidado, indicassem duas pessoas para tal. Dentro do perfil de tais profissionais, deveriam constar, preferencialmente, um bom conhecimento da linha de produtos manufaturados pela empresa, bem como um forte espírito de mudanças e receptividade às novas tecnologias. Neste sentido, seria futuramente solicitada a permanência de uma pessoa de cada setor, para fazer parte da equipe definitiva de trabalho (grupo de desenvolvimento do código).



Nesta primeira etapa de conscientização, percebeu-se uma ausência demasiada das pessoas convidadas para tais reuniões. Isto surgiu em função da falta de divulgação oficial das atividades que a empresa estava contratando, sendo que estas ocorriam principalmente de parte dos setores subordinados às gerências que não estavam diretamente envolvidas com a corresponsabilidade de acolher e apoiar o projeto.

Desta forma, uma apresentação das atividades do projeto foi feita pelo GRUCON a tais gerências, mostrando objetivos e alguns resultados obtidos, até aquele momento, pelo projeto. Contudo, não obteve-se uma melhoria considerável na freqüência às reuniões.

Com o objetivo de contornar este problema, criou-se uma equipe definitiva para o desenvolvimento do código, dentro do Departamento de Planejamento Industrial, que estava subordinado diretamente a Chefia de Fábrica. Isto foi possível, devido a estrutura da empresa, pois, este departamento, possui uma visão do conjunto de peças produzidas pela mesma, indiferentemente do produto a qual pertencem, o que, concilia com um dos principais objetivos de um SCC. Somado a isto, alguns setores deste departamento, possuíam atividades usualmente desenvolvidas pelos setores de engenharias de projetos. Sendo assim, isto não prejudicaria a formação do código.

Um outro aspecto que reforçou esta decisão, foi o fato de que a empresa estava implantando um sistema MRP, que também possuía, dentro de seus dados, um código (baseado em normas técnicas). Este aspecto será melhor esclarecido mais a frente.

Do Departamento de Planejamento Industrial (DPI) foram selecionados, basicamente, os setores de:

- Revisão Técnica: responsável pela revisão de projeto, em todos os desenhos vindos das engenharias, com o objetivo de padronizar formas, funções, materiais, dimensões, etc., bem como, pela definição da matéria prima;
- Detalhamento Técnico: no caso de conjuntos, que necessitam ser desmembrados em várias peças, para sua fabricação, este setor é responsável pela especificação e detalhamento de peça por peça.
- Planejamento do Processo: responsável pelo planejamento dos processos de fabricação para cada peça, especificando máquinas, ferramentas, dispositivos, tempos, etc..

Uma outra vantagem que pode ser abordada com esta situação, é que este setor, estava subordinado a mesma pessoa responsável pelas atividades do GRUCON na empresa, permitindo assim uma rápida troca de informações e soluções de impasses quando necessário. Logicamente, seria mantido um contato com algumas pessoas dos setores de engenharias, quando fosse necessário.

Com esta equipe formada, iniciaram-se as atividades de conscientização, mais específicas, sobre o tema de GT. Neste caso foram apresentados a filosofia e os objetivos da GT, seus campos de atuação, técnicas para formação de famílias de peças e células, etc., bem como os objetivos propostos para o sistema a ser implantado na empresa. Após esta conscientização, abordou-se o tema específico sobre SCC, mostrando seus objetivos e formas de atuação específicas, dentro de um ambiente de CAD/CAM. Também nesta etapa, foi apresentado um primeiro esboço do sistema

computacional proposto, bem como os dados que o mesmo manipularia, além da forma que interagiria com os usuários e outros sistemas da empresa.

Cabe ressaltar que parte do trabalho de conscientização, se fez necessário, devido a ausência quase completa de uma cultura sobre o assunto na empresa. Entretanto, com relação a conscientização sobre GT, esta seria necessária em qualquer situação.

Outro aspecto a ser abordado, é que durante o procedimento de formação desta equipe, foi buscada a participação das chefias dos setores envolvidos, com o objetivo de conscientizá-las da importância da formação de tal grupo, bem como, do tempo semanal que seria dedicado às reuniões para formação do código.

#### **5.6.2 - DEFINIÇÃO DA POPULAÇÃO DE PEÇAS E COLETA DE INFORMAÇÕES**

Como a empresa possuía uma produção sob encomenda, seu arquivo histórico de peças era muito grande, variando entre 250 e 300 mil desenhos. Entretanto, somente parte destes desenhos poderiam ser considerados como produzidos com maior frequência. Também dentro desta população de peças, estavam incluídos desenhos de ferramentas, dispositivos e serviços considerados como eventuais.

Neste sentido, definiu-se que, a princípio, somente peças unitárias (não conjuntos) dos produtos produzidos pela empresa, com relativa frequência, fariam parte da população de peças na qual se obteria uma amostra para os trabalhos de formação do código. Em uma segunda etapa então, seriam envolvidos os

conjuntos. A razão desta separação, deve-se basicamente a grande diferença existente entre as características de conjuntos e de peças unitárias. Para isto, seria necessário a criação de outra equipe em paralelo, para conjuntos, o que implicaria em um número elevado de pessoas envolvidas em uma mesma etapa.

Definida a população, da qual deveria ser retirada a amostra, cada participante da equipe ficou incumbido de fornecer desenhos que representassem, a realidade de suas atividades usuais. Em paralelo, a equipe GRUCON colheu, na fábrica, algumas amostras de peças, observando suas características mais significativas. Também, foi solicitado aos setores participantes, que observassem, no seu dia-a-dia, quais características, que os mesmos levavam em consideração quando desejavam recuperar alguma peça já fabricada. Cabe salientar, que não se determinou um número exato para o tamanho da amostra de peças. Isto porque, devido a forma de produção da empresa, não seria muito prático e seguro, obter estes dados dos arquivos. Ao invés, solicitou-se aos participantes, e estes às pessoas de seus grupos, desenhos de produtos que estavam em fabricação ou que fossem mais familiares.

Nesta etapa, foram realizados estudos com o objetivo de criar um primeiro esboço do código. Neste sentido, inicialmente, foram previstos os campos, e após, dentro de cada um destes, seus dígitos. Isto necessitou uma intensiva preparação técnica tanto dos participantes, como por quem estava coordenando as atividades.

Basicamente, foram utilizadas duas formas para montar a estrutura inicial do código:

- Comparação com outros códigos: neste sentido, foram pesquisados códigos existentes e "papers" publicados (a bibliografia deste trabalho), para uma melhor base sobre o assunto, objetivando não dispendar tempo "reinventado a roda". Todavia, percebia-se muitas vezes a tendência, dos participantes do Grupo de Trabalho, em querer adequar os códigos apresentados, a realidade da empresa. Isto justificava-se devido a inércia em se criar algo novo.
- Propostas pela equipe coordenadora: com o objetivo de se minimizar a situação anterior, e em função das dificuldades de sugestões pelos participantes, a equipe GRUCON, apresentava propostas para o código, sendo estas discutidas e criticadas. Este processo mostrou-se bem mais produtivo.

#### 5.6.3 - ESTRUTURA BÁSICA DO CÓDIGO

Pode-se perceber inicialmente, que dentro de suas características, a empresa possuía algumas definições que propiciavam uma primeira divisão da população de peças. Do ponto de vista de fabricação, haviam dois setores básicos, usinagem e caldeiraria. As peças manufaturadas em tais setores eram definidas como peças de Processos Mecânico e Metálico, respectivamente. Tais definições faziam parte da cultura da empresa, desde sua criação, não sendo questionadas, se adequadas ou não, quanto à natureza de suas terminologias. Somado a isto, dentro de cada uma destas subpopulação, o planejamento do processo era dividido em peças Rotacionais e Não-Rotacionais.

Logicamente terminologias necessitaram ser revisadas ou criadas para tais definições. Nesta etapa, pode-se perceber as

reais dificuldades de se padronizar e convencionar certas características de processos ou projetos de peças. É importante ressaltar que as definições utilizadas, aplicam-se somente à empresa em questão, uma vez que nasceram de sua cultura.

Somado a isto, com os dados colhidos pelo Grupo de Trabalho, percebeu-se que, entre as características mais relevantes na pesquisa de uma peça já fabricada, destacavam-se: Forma Geométrica, Dimensões, Tolerância e Material. Deve-se ressaltar, que foram inicialmente sugeridas outras características, mas para a realidade da empresa, não se tornavam viáveis, sendo, em alguns casos redundantes. Dessa forma, o código foi definido com a seguinte estrutura básica (Anexo 1), conforme a figura 5.3:

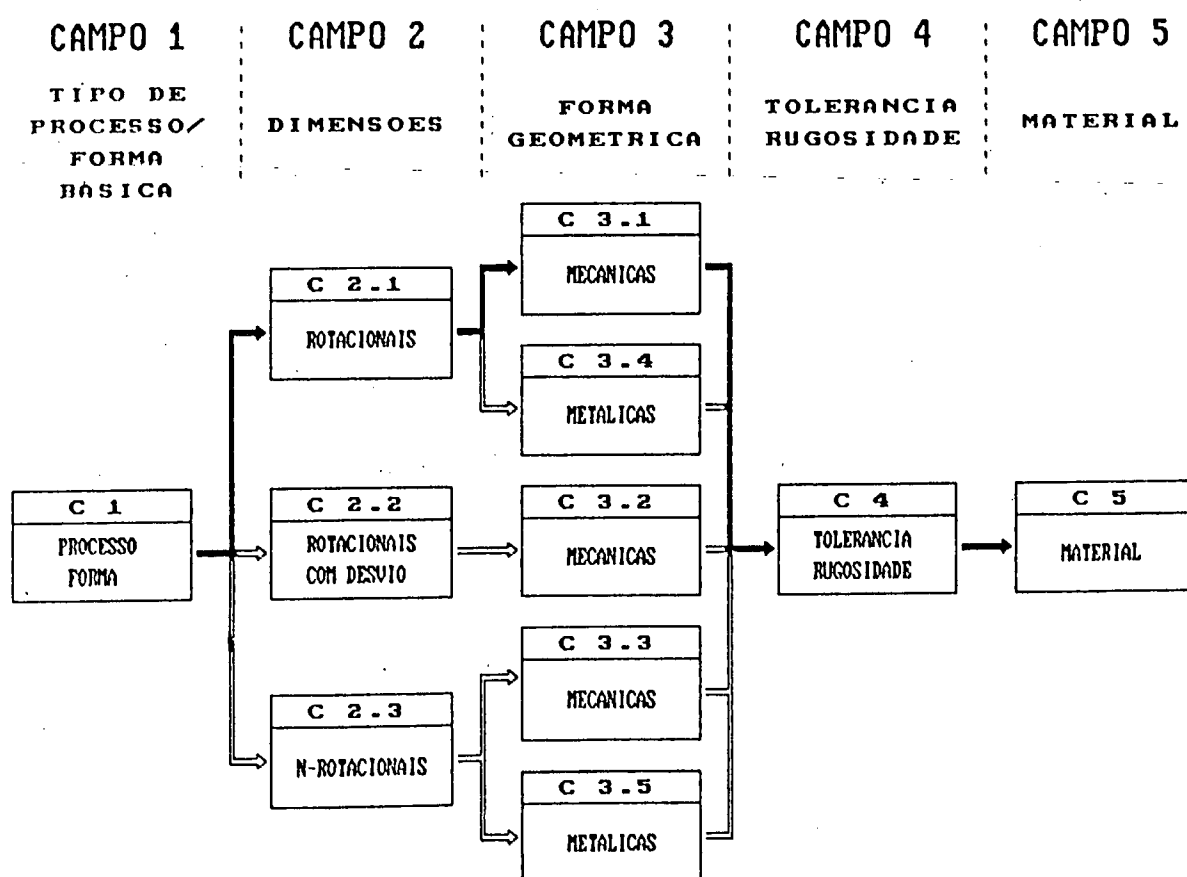


FIGURA 5.3 - Estrutura básica do código

## CAMPO 1 - TIPO DE PROCESSO E FORMA BÁSICA

Considerando as informações básicas, citadas acima, determinou-se para o código, no seu primeiro campo, uma hierarquia para os CAMPOS 2 e 3, que dividiu a população de peças em famílias bem definidas. Este campo, possui apenas 1 dígito, composto por 5 subdígitos:

### Dígito 1 - Tipo de Processo e Forma Básica

subdígito 0 - Peças Mecânicas e Rotacionais

subdígito 1 - Peças Mecânicas e Rotacionais com Desvio

subdígito 2 - Peças Mecânicas e Não-Rotacionais

subdígito 3 - Peças Metálicas e Rotacionais

subdígito 4 - Peças Metálicas e Não-Rotacionais

## CAMPO 2 - DIMENSÕES

Dentro deste campo percebeu-se, devido ao CAMPO 1 (Tipo de Processo e Forma Básica), a necessidade de criação de subcampos, que são hierarquizados pelo primeiro. Basicamente foram utilizados 3 dígitos, para caracterizar as dimensões das peças em sua forma final. Sendo assim, foram criados três subcampos:

- Subcampo 2.1 - Dimensões de Peças Rotacionais (Mecânicas e Metálicas):

Dígito 2 - Maior Comprimento

Dígito 3 - Maior diâmetro

Dígito 4 - Relação L/D (Mecânicas) e Espessura de Chapa  
(Metálicas)

- Subcampo 2.2 - Dimensões de Peças Rotacionais com Desvio (Mecânicas):

Dígito 2 - Maior Comprimento

Dígito 3 - Maior Diâmetro de Usinagem

Dígito 4 - Maior Diâmetro de Revolução

- Subcampo 2.3 - Dimensões de Peças Não-Rotacionais (Mecânicas e Metálicas):

Dígito 2 - Maior Comprimento

Dígito 3 - Maior Largura

Dígito 4 - Maior Espesura

**CAMPO 3 - FORMA GEOMÉTRICA**

Neste campo, pode-se perceber uma maior complexidade que os demais, devido a variedade de características geométricas que as peças possuem, somado ainda a padronização de terminologias. Para isto, paralelamente às atividades anteriores, estavam sendo colhidas todas as características geométricas importantes para identificar uma peça, tanto do ponto de vista de seu processo de fabricação, como de projeto. Cabe salientar, que muitas das características geométricas, de projeto, normalmente podem estar associadas a processos de fabricação específicos, sendo assim comuns a ambos.

Neste sentido, tentou-se, neste campo, fornecer uma idéia tanto da forma final da peça, bem como detalhes de forma que estão associados a forma principal.

Este campo foi dividido em 5 subcampos, também hierarquizados em função do primeiro campo, com 9 dígitos cada:



- Subcampo 3.1 - Forma Geométrica para peças Rotacionais  
(Mecânicas):

Dígito 5 - Forma Externa

Dígito 6 - Elementos de Forma Externa e Chanfro Funcional

Dígito 7 - Canais Circulares e Roscas

Dígito 8 - Superfícies Usinadas Especiais

Dígito 9 - Furos Auxiliares

Dígito 10 - Tipos de Furos Auxiliares

Dígito 11 - Engrenagens e Estrias

Dígito 12 - Forma Interna

Dígito 13 - Elementos de Forma Interna

- Subcampo 3.2 - Forma Geométrica para peças Rotacionais com  
Desvio (Mecânicas):

Dígito 5 - Forma Externa

Dígito 6 - Elementos de Forma Externa e Chanfro Funcional

Dígito 7 - Canais Circulares e Roscas

Dígito 8 - Superfícies Usinadas Especiais

Dígito 9 - Furos Auxiliares

Dígito 10 - Tipos de Furos Auxiliares

Dígito 11 - Engrenagens e Estrias

Dígito 12 - Forma Interna

Dígito 13 - Elementos de Forma Interna

- Subcampo 3.3 - Forma Geométrica para peças Não-Rotacionais  
(Mecânicas):

Dígito 5 - Forma Externa

Dígito 6 - Forma de Obtenção das Superfícies Anteriores

Dígito 7 - Elementos de Forma Externa

Dígito 8 - Superfícies Usinadas Especiais

Dígito 9 - Furos Auxiliares

Dígito 10 - Tipos de Furos Auxiliares

Dígito 11 - Tipos de Furos Auxiliares

Dígito 12 - Forma Interna

Dígito 13 - Detalhes de Forma Interna

- Subcampo 3.4 - Forma Geométrica para peças Rotacionais  
(Metálicas):

Dígito 5 - Forma Externa

Dígito 6 - Recortes

Dígito 7 - Rasgos

Dígito 8 - Chanfros e Arredondamentos

Dígito 9 - Furos com Brocas

Dígito 10 - Conformação

Dígito 11 - Costura e Número de Dobras

Dígito 12 - Operações Mecânicas de Superfícies

Dígito 13 - Furos e Elementos de Processo Mecânico

- Subcampo 3.5 - Forma Geométrica para peças Não-Rotacionais  
(Metálicas):

Dígito 5 - Forma Externa

Dígito 6 - Recortes

Dígito 7 - Rasgos

Dígito 8 - Chanfros e Arredondamentos

Dígito 9 - Furos com Brocas

Dígito 10 - Conformação

Dígito 11 - Costura e Número de Dobras

Dígito 12 - Operações Mecânicas de Superfícies

Dígito 13 - Furos e Elementos de Processo Mecânico

Devido a complexidade e grande quantidade de informações, a definição destes subcampos, foi dividida em etapas diferentes.

#### **CAMPO 4 - TOLERÂNCIAS E RUGOSIDADES**

Neste campo abordou-se a tolerância mais apertada para obtenção da peça, bem como, a sua rugosidade mais fina. Neste sentido, foram utilizados três dígitos, sendo os dois primeiros para tolerâncias, o segundo hierarquizado pelo primeiro, e o terceiro para rugosidade. Tanto na tolerância como na rugosidade, são expressos os tipos de superfícies que estão localizadas, assim como suas respectivas faixas de valores. Este campo, apresenta-se independente do primeiro. Entre seus dígitos, apresentam-se:

Dígito 13 - Tipos de Tolerâncias

Dígito 14 - Faixas de Tolerâncias

Dígito 15 - Tipos e Faixas de Rugosidades

#### **CAMPO 5 - MATERIAIS**

Este campo foi baseado no sistema KK3 (referido no Capítulo 3), possuindo o mesmo dois dígitos, sendo o primeiro uma divisão básica entre os tipos de materiais, e o segundo uma especificação dos materiais de cada divisão anterior. Desta forma, o segundo dígito, apresenta-se hierarquizado pelo primeiro.

Este campo também apresenta-se independente do primeiro. Entre seus dígitos, apresentam-se:

Dígito 16 - Tipo de Material

Dígito 17 - Especificação do Material

#### 5.6.4 - FORMALIZAÇÃO DO CÓDIGO

Uma vez definido o escopo básico do código, foram colhidas mais amostras de peças, para que testes básicos iniciais fossem feitos. Cabe ressaltar que, para esta formalização, não se esperou até a definição completa do código, sendo que após terminados alguns campos ou subcampos, paralelamente puderam estes ser testados.

Este procedimento deu-se de duas formas:

- com desenhos colhidos, tentava-se codificá-los, verificando características não previstas, mas importantes, bem como outras previstas, mas não fundamentais. Tais codificações eram feitas tanto em conjunto, como individualmente, pelos participantes, e após comparadas. Isto teve por objetivo testar os participantes na utilização e interpretação do código.
- A Equipe GRUCON, através de verificações diárias, passava pelo chão de fábrica, codificando peças, aleatoriamente, para assim verificar a consistência e abrangência do código.

Estas atividades, além de possibilitarem maior ajuste das características do código, permitiram também melhores critérios para definição das terminologias e excessões, quando existissem. Como consequência disto, foi confeccionado um primeiro esboço de um manual, para interpretação do código. Deve-se salientar que devido a interrupção do projeto, o código não chegou a ser discutido e testado com uma população razoável de peças.

## 5.7 - IMPLANTAÇÃO COMPUTACIONAL

Paralelamente ao desenvolvimento do código, iniciaram as atividades de desenvolvimento computacional do Sistema de Classificação e Codificação. A equipe responsável por tal desenvolvimento, estava localizada na UFSC, sendo o contato feito através da Equipe GRUCON, na empresa. Somado a isto, com o objetivo de discutir alguns aspectos mais profundos, havia visitas do analista responsável pelo desenvolvimento computacional à empresa.

Neste sentido, foram evitadas as trocas de informações não-oficiais com a empresa, que poderiam implicar em uma concepção errônea do sistema por parte do GRUCON.

Participaram deste processo de troca de informações, os setores usuários, setor de informática (SPD) e gerências envolvidas, além da própria Equipe GRUCON.

Junto às gerências envolvidas e o SPD, foram obtidos dados referentes aos sistemas existentes na empresa, plano diretor de informática (PDI), "hardware" e "software" disponíveis, normas utilizadas pela empresa para desenvolvimentos computacionais, e a necessidade de integração com outros sistemas.

Nos setores usuários, alguns encontros foram promovidos, visando dar aos mesmos, uma visão de como seria o SCC e as facilidades encontradas com sua implantação. Isto também resultou em uma maior confiança dos usuários com relação ao GRUCON.

### 5.7.1 - CONCEPÇÃO COMPUTACIONAL DO SCC

Para a concepção computacional do SCC houve a necessidade de adaptação ao ambiente computacional da empresa. Dentro de sua estrutura computacional, a empresa possuía os seguintes equipamentos:

- "Mainframe" IBM: Estava localizado em uma outra unidade do grupo, entretanto ligado à empresa através de linhas diretas. Neste ambiente, estava sendo implantado o sistema MRP e futuramente seria implantado o sistema de Planejamento e Controle da Produção. Um outro aspecto, era que dentro do PDI da empresa, estava prevista também a instalação de um computador IBM, no próprio local. Com base nisto, já havia uma boa disponibilidade de terminais, de tal computador, espalhados pelos setores da empresa.
- "Mainframe" Burroughs: Também localizado em outra unidade do grupo. Responsável pelo atual sistema de Planejamento e Controle da Produção, bem como atividades financeiras da empresa. Dentro do PDI, este equipamento seria gradualmente excluído das atividades da empresa, com exceção das atividades financeiras.
- Computador VAX: Voltado para a implantação dos sistemas CAD e CAM. Neste sentido, serviria somente aos setores de engenharia de projeto e de programação de comando numérico.
- Microcomputadores: Utilizados como ferramentas de auxílio em setores específicos, sem uma previsão de interligação, através de redes. Sua utilização na empresa, apresentava-se ainda limitada.

Após uma análise das alternativas, escolheu-se por desenvolver o SCC no "mainframe" IBM da empresa, com linguagem C. Esta proposta, em termos de necessidade de aquisição, implicaria somente na compra do compilador C.

Como referido acima, o computador IBM já vinha centralizando as atividades de gerenciamento da produção da fábrica, com vários terminais espalhados, usuários familiarizados, e o PDI apontando para expansões no mesmo. Também, comparado com outros computadores disponíveis, o IBM era aquele que possuía melhores disponibilidades em termos de espaços em disco e CPU (Central Processing Unit - Unidade de Processamento Central).

Em termos de integração com outros sistemas de produção, esta seria feita em etapas. Decidiu-se, como primeira etapa, que o SCC trabalharia "isolado" e, posteriormente, seria feita uma integração "real", com outros sistemas, conforme figura 5.4.

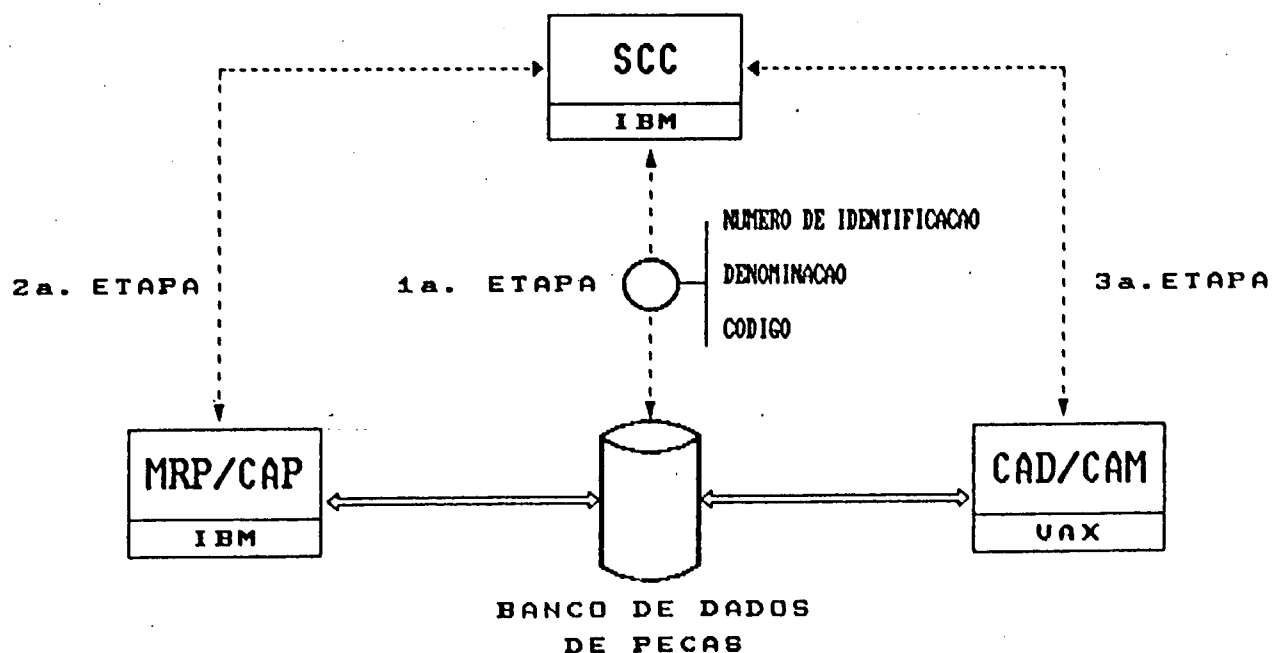


FIGURA 5.4 - Etapas na implantação do SCC

Durante o desenvolvimento, dois aspectos procuraram ser considerados: a generalização do SCC, e uma futura utilização do sistema como fonte de informações para o CAD/CAPP/CAM.

Dentro da generalização, o sistema visou não prender-se demasiadamente à estrutura do código definida para empresa. Assim sendo, previu-se a ação de um módulo gerador de código, que quando da necessidade de alteração deste, dispensasse uma reprogramação do sistema, ajustando-se automaticamente à nova estrutura. Também, esta generalização, visou facilitar a portabilidade do SCC para outros "hardwares". A arquitetura interna do sistema baseou-se em Programação Orientada a Objetos e em algumas técnicas de Inteligência Artificial.

#### 5.7.2 - SCC-GRUCON

O Sistema de Classificação e Codificação desenvolvido foi denominado como SCC-GRUCON. A versão atual do SCC-GRUCON apresenta-se bastante interativa. Isto possibilita que o usuário não tenha que ter necessariamente grandes conhecimentos computacionais para manuseá-lo.

Durante toda uma sessão SCC-GRUCON o usuário terá que apenas escolher as "opções" que o próprio sistema apresentará. Desta forma, a utilização do SCC-GRUCON torna-se mais confortável e confiável (o usuário não necessita digitar muitas informações), e o sistema faz a verificação automática quanto a erros e hierarquias do código.

No SCC-GRUCON são possíveis, basicamente, as atividades de codificação e classificação de peças.



### CODIFICAÇÃO DE UMA PEÇA

Um usuário pode codificar uma peça de várias formas:

- Modo seqüencial: fornecimento de todas características, de forma seqüencial (todos os dígitos), da peça.
- Modo Direto Orientado: fornecimento aleatório de características da peça.
- Modo Recodificação: alteração do código de uma peça já existente.
- Modo cópia: cópia do código de uma peça já existente.
- Modo Exclusão: exclusão de uma peça já existente.

### CLASSIFICAÇÃO DE UMA PEÇA

Um usuário pode classificar (recuperar) uma peça através das três informações que podem identificá-la no sistema:

- por Número de Identificação (ou parte deste).
- por Denominação (ou parte desta).
- por Código (ou parte deste).

### 5.7.3 - EXEMPLO DE UTILIZAÇÃO DO SISTEMA

Abaixo será apresentado o fluxo dos processos de codificação e classificação de uma peça exemplo (figura 5.5), através de algumas telas do sistema. A TELA 0 mostra a tela de apresentação do mesmo.

Dentro do primeiro exemplo, será apresentado o processo de codificação de uma peça, através do Modo Seqüencial. Inicialmente o usuário opta pela codificação (TELA 1) e logo em seguida pelo Modo Seqüencial (TELA 2). Deve-se salientar que será apresentado o Modo Seqüencial, pelo fato deste fornecer uma visão mais completa do sistema.

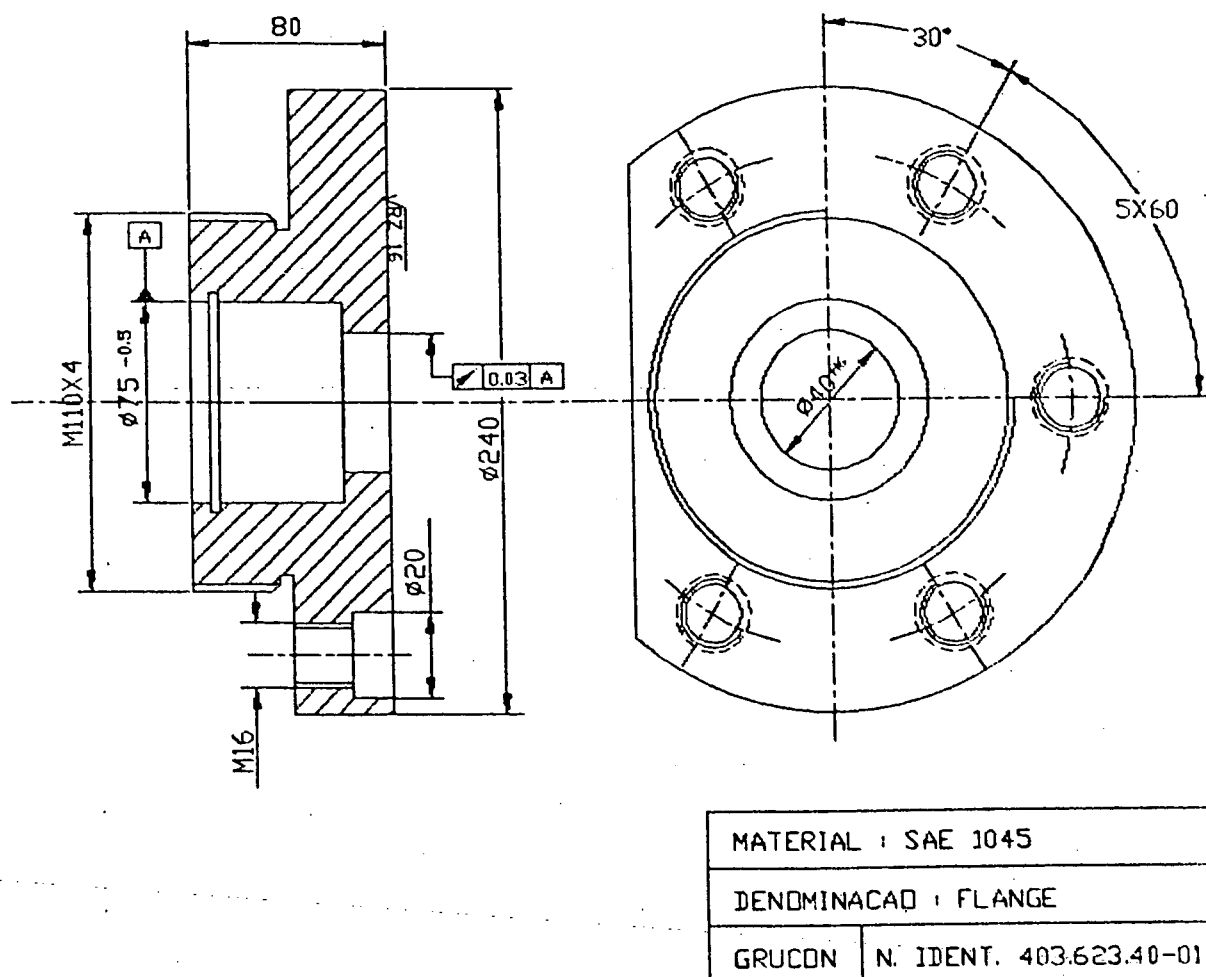


FIGURA 5.5 - Peça Exemplo para codificação

Desta forma o sistema solicitará a identificação da peça pelo seu Número de Identificação e Denominação (TELA 3), mostrando logo em seguida as possibilidades de codificação para cada dígito, um a um (TELAS 4 e 5). Como trata-se de um exemplo, não serão mostradas as telas de todos os dígitos do sistema, apenas os dois primeiros.

[illegible]

## TELA 0 - Tela de Apresentação do SCC-GRUCON

```
=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92
I  -----
I  SCC-GRUCON                                  Hora : 12:12
I
I
I
I
I  [1] - CODIFICACAO
I  [2] - CLASSIFICACAO
I  [3] - UTILITARIOS
I  [4] - TUTORIAL
I  [5] - ENCERRAR
I
I
I
I
I  Digite sua opcao e tecle ENTER para continuar => I
I
I
I
I  PF1 - HELP   PF6 - FINALIZA
I
I  =====
```

**TELA I - Escolha da opção Codificação**

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92 I
I  -----                                     ----- I
I                      SCC-GRUCON                Hora : 12:13 I
I
I                      CODIFICACAO               I
I                      -----                   I
I
I          [1] - MODO SEQUENCIAL                 I
I          [2] - MODO ORIENTADO DIRETO           I
I          [3] - MODO COPIA                      I
I          [4] - RECODIFICACAO                  I
I          [5] - EXCLUSAO                       I
I
I
I
I  Digite sua opcao e tecle ENTER para continuar => 1 I
I
I
I
I  PF1 - HELP  PF2 - TELA ANTERIOR              I
I
I
=====

```

## TELA 2 - Escolha do Modo Seqüencial de Codificação

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92 I
I  -----                                     ----- I
I                      SCC-GRUCON                Hora : 12:14 I
I
I                      CODIFICACAO               I
I                      -----                   I
I                      CADASTRAMENTO DA PECA      I
I
I
I
I  NUMERO DE IDENTIFICACAO....: 40362340 0001   I
I
I  DENOMINACAO.....: Bucha Flangeada_____ I
I
I
I  Tecle ENTER para continuar. PF5 - CANCELA    I
I
I
=====

```

## TELA 3 - Tela de Cadastramento

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92 I
I  -----                                     ----- I
I                      SCC-GRUCON                Hora : 12:16 I
I                                                    I
I  Numero de Identificacao...: 40362340 0001      I
I  Denominacao.....: Bucha Flangeada            I
I                                                    I
I                      CODIFICACAO - MODO SEQUENCIAL I
I                                                    I
I          CAMPO 1 - TIPO DE PROCESSO E FORMA GEOMETRICA I
I  DIGITO 1 - TIPO DE PROCESSO / FORMA BASICA DA PECA I
I                                                    I
I          S 0 - MECANICO ROTACIONAL              I
I          _ 1 - MECANICO ROTACIONAL COM DESVIO   I
I          _ 2 - MECANICO NAO ROTACIONAL          I
I          _ 3 - METALICO ROTACIONAL              I
I          _ 4 - METALICO NAO ROTACIONAL          I
I                                                    I
I          Digite 'S' para escolher a opcao      I
I                                                    I
I          CODIGO ==> 0 _____ I
I                                                    I
I  PF4 - LIMPA DIGITO  PF5 - CANCELA  PF6 - FINALIZA I
I                                                    I
=====

```

#### TELA 4 - Tela de Codificação Sequencial (Dígito 1 / Campo 1)

Uma vez finalizado o processo de codificação, o sistema permite ao usuário a possibilidade de conferir os resultados (TELA 6). Caso não deseje conferir, todo o processo é gravado (TELA 7).

Se o usuário opta por conferir a codificação feita, e caso seja necessário, o sistema permite ao mesmo fazer alterações nos dígitos já codificados, sendo para isto necessário indicar inicialmente qual campo deseja verificar e logo após a posição do dígito (TELAS 8 e 9). Após conferir e fazer as alterações necessárias, pode-se gravar a peça com seus respectivos dados (TELA 7).



```
=====
I SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO Data : 21/09/92 I
I ----- I
I SCC-GRUCON Hora : 12:17 I
I I
I I
I I
I I
I CODIFICACAO - MODO SEQUENCIAL I
I I
I I
I I
I Numero de Identificacao...: 40362340 0001 I
I Denominacao.....: Bucha Flangeada I
ICodigo.....: 0-341-203113022-228-02 I
I I
I I
I Tecle <ENTER> para gravar I
I I
I PF5 - CANCELA I
I I
=====
```

**TELA 7 - Confirmação de gravação da peça codificada**

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92
I  -----
I  SCC-GRUCON                                Hora : 12:18
I
I  CODIFICACAO
I
I  CONFERENCIA
I
I  Numero de Identificacao....: 40362340 0001
I  Denominacao.....: Bucha Flangeada
I
I  _ CAMPO 1 - TIPO DE PROCESSO / TIPO BASICO DA PECA
I  S CAMPO 2 - DIMENSOES
I  _ CAMPO 3 - FORMA GEOMETRICA
I  _ CAMPO 4 - TOLERANCIA / RUGOSIDADE
I  _ CAMPO 5 - TIPO DE MATERIAL
I
I  Digite 'S' para escolher a opcao
I
I  CODIGO ==> 0 341 203113022 228 02
I
I  PF5 - CANCELA  PF6 - FINALIZA
I
I  =====

```

TELA 8 - Escolha de um Campo para verificação da codificação

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92 I
I  -----                                     ----- I
I                      SCC-GRUCON                Hora : 12:18 I
I
I                      CODIFICACAO               I
I
I                      CONFERENCIA              I
I
I  Numero de Identificacao...: 40362340 0001    I
I  Denominacao.....: Bucha Flangeada          I
I
I                      CAMPO 2 - DIMENSOES       I
I
I  DIGITO  DESCRICAO DO DIGITO  DESCRICAO SUB-DIGITO  SUB-DIGITO I
I    2      MAIOR COMPRIMENTO L  350 < L <= 600 ..... 6      I
I    3      MAIOR DIAMETRO D      40 < D <= 100 ..... 2      I
I    4      RELACAO L/D E ESPES  0.2 < L/D <= 1 ..... 1      I
I
I  Codigo Gerado : 0 341 203113022 228 02      I
I  Deseja recodificar algum Digito ? N/DIGITO : _ I
I
I  PF1 - HELP  PF2 - TELA ANTERIOR  PF5 - CANCELA I
I
=====

```

#### TELA 9 - Tela de verificação dos dígitos dentro de um campo

No processo de Classificação, o usuário opta inicialmente pela Classificação (Tela 1, porém com a opção 2) e logo após pelo critério de classificação que deseje fazer (TELA 10), podendo a mesma ser feita pela Número de Identificação, Denominação e/ou Código, ou parte destes. Neste exemplo será optado pela classificação por um código, por fornecer esta uma visão mais ampla do sistema. Desta forma será mostrado para o usuário os campos do código para a classificação (TELA 11).

No caso da classificação pelos Número de Identificação e Denominação, bastará ao usuário preencher os seus campos ou partes chaves dos mesmos.



```
=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92
I  -----
I  SCC-GRUCON                                Hora : 12:30
I
I
I  CLASSIFICACAO
I  -----
I  CRITERIO DE PESQUISA
I
I
I
I
I  NUMERO DE IDENTIFICACAO : _____
I
I  DENOMINACAO                : _____
I
I  CODIGO                      : S (Tecle qualquer caracter)
I
I
I  Tecle <ENTER> para Continuar _
I
I  PF2 - TELA ANTERIOR
I
I  =====
```

TELA 10 - Opções pela Classificação através do código

```
=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92
I  -----
I  SCC-GRUCON                                     Hora : 12:31
I
I  CLASSIFICACAO
I
I  CAMPO 1 - TIPO DE PROCESSO E FORMA BASICA
I  CAMPO 2 - DIMENSOES
I  CAMPO 3 - FORMA GEOMETRICA
I  CAMPO 4 - TOLERANCIA / RUGOSIDADE
I  CAMPO 5 - TIPO DE MATERIAL
I
I  CODIGO ==>  _ _ _ _ _
I
I  PF2 - TELA ANTERIOR  PF6 - PESQUISA
I
=====
```

TELA 11 - Tela para especificação da pesquisa

Neste sentido o usuário seleciona o campo (TELA 12), dentro deste, o dígito (TELA 13) e dentro deste, o(s) sub-dígito(s) que identificam a(s) característica(s) desejadas (TELA 14). Desta forma, o usuário poderá selecionar um ou mais sub-dígitos, sendo mostrado, neste último caso, na posição deste dígito, um sinal de "+", indicando a presença de mais de um sub-dígito selecionado. Digitando um sinal de "?" sobre este dígito e pressionando "enter", o usuário poderá verificar, a qualquer momentos, quais os sub-dígitos selecionados.

Caso, o usuário conheça bem o código e não deseje entrar em todas as telas oferecidas pelo sistema, poderá fornecer diretamente os dígitos (TELA 15). Esta opção vale também para a codificação.

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92
I  -----
I  SCC-GRUCON                                     Hora : 12:32
I
I
I  CLASSIFICACAO
I
I
I
I
I  - CAMPO 1 - TIPO DE PROCESSO E FORMA BASICA
I  - CAMPO 2 - DIMENSOES
I  S CAMPO 3 - FORMA GEOMETRICA
I  - CAMPO 4 - TOLERANCIA / RUGOSIDADE
I  - CAMPO 5 - TIPO DE MATERIAL
I
I
I  CODIGO ==>  0  _____
I
I  PF2 - TELA ANTERIOR  PF6 - FINALIZA
I
=====

```

## TELA 12 - Escolha de Campo

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92 I
I  -----                                     ----- I
I                                     SCC-GRUCON      Hora : 12:32 I
I                                     CLASSIFICACAO I
I                                     CAMPO 3 - FORMA GEOMETRICA I
I                                     DIGITO 5 - FORMA EXTERNA I
I  _ DIGITO 6 - ELEMENTOS DE FORMA EXTERNA E CHANFRO FUNCIONAL I
I  S DIGITO 7 - CANAIS CIRCULARES E ROSCAS I
I  _ DIGITO 8 - SUPERFICIES USINADAS ESPECIAIS I
I  _ DIGITO 9 - FUROS AUXILIARES I
I  _ DIGITO 11 - ENGRENAGENS E ESTRIAS I
I  _ DIGITO 12 - FORMA INTERNA I
I
I  Digite 'S' para escolher a opcao I
I  CODIGO ==>  0  _ _ _ _ _ I
I
I  PF2 - TELA ANTERIOR  PF5 - CANCELA I
I
=====

```

### TELA 13 - Escolha de digito

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92 I
I  -----                                     ----- I
I                                     SCC-GRUCON      Hora : 12:33 I
I                                     CLASSIFICACAO I
I                                     CAMPO 3 - FORMA GEOMETRICA I
I                                     DIGITO 7 - CANAIS CIRCULARES E ROSCAS I
I                                     0 - SEM CANAIS CIRCULARES E ROSCAS I
I  _ 1 - CANAIS CIRCULARES NA SUPERFICIE CILINDRICA I
I  S 2 - CANAIS E/OU REBAIXOS CIRCULARES NA SUPER. FACIAIS I
I  S 3 - ROSCA EXTERNA I
I  _ 4 - ROSCA SEM-FIM I
I  _ 5 - 1 + 2 I
I  _ 6 - 1 + 3 I
I  _ 7 - 2 + 3 I
I  S 8 - 1 + 2 + 3 I
I
I  Digite 'S' para escolher a opcao I
I  CODIGO ==>  0  _ _ + _ _ _ _ I
I
I  PF2 - TELA ANTERIOR  PF5 - CANCELA I
I
=====

```

### TELA 14 - Abertura de Dígito

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92  I
I  -----                                     -----  I
I                      SCC-GRUCON                Hora : 12:35  I
I                                                         I
I                      CLASSIFICACAO              I
I                                                         I
I                                                         I
I          CAMPO 1 - TIPO DE PROCESSO E FORMA BASICA  I
I          CAMPO 2 - DIMENSOES                        I
I          CAMPO 3 - FORMA GEOMETRICA                I
I          CAMPO 4 - TOLERANCIA / RUGOSIDADE          I
I          CAMPO 5 - TIPO DE MATERIAL                 I
I                                                         I
I          CODIGO ==>  0 24+ 3__0_+__ 2__ 22          I
I                                                         I
I          PF2 - TELA ANTERIOR  PF6 - FINALIZA        I
I  =====

```

#### TELA 15 - Opção de classificação diretamente pelos dígitos

Finalizado o processo de seleção dos dígitos, parte-se para a pesquisa, sendo apresentadas as peças que se enquadram nas especificações feitas. Desta forma, caso o usuário deseje, poderá verificar o código das peças pesquisadas, selecionando-as (TELA 16). Uma vez selecionada uma peça, a mesma aparecerá sozinha, podendo o usuário conferir campo a campo (TELA 17) cada um de seus dígitos e sub-dígitos (TELA 18).

Desta forma, tendo-se este sistema integrado ao banco de dados da empresa, pode-se obter os dados específicos das peças selecionadas, tais como: desenhos (via CAD), plano de processo, dados de custos, etc..

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92 I
I  -----                                     ----- I
I                                     SCC-GRUCON      Hora : 12:37 I
I                                     ----- I
I                                     CLASSIFICACAO  +-----+ I
I                                     -----         | TOTAL PECAS = 6 | I
I                                     -----         | INDICE       = 1-6 | I
I                                     RESULTADO DA PESQUISA +-----+ I
I                                     ----- I
I  NUMERO DE ID.  DENOMINACAO                  CODIGO I
I                                     ----- I
I  S  40361741    PISTAO                        0-232-230228020-122-22 I
I  _  81272466    FLANGE INTERMEDIARIO 0-361-204025020-122-12 I
I  _  72222578    DISPOSITIVO DO EBT   0-413-130010000-121-01 I
I  _  36503640    FLANGE DIA. 242X155  0-341-231221020-125-01 I
I  _  80508365    ANEL                  0-150-131022020-125-10 I
I  _  60641738    LAMINADOR CALIBRADOR 0-250-200020012-121-01 I
I                                     ----- I
I  Se desejar ver a descricao do codigo entre com <S> ao lado I
I  ou <T> para todos I
I  _ Tecle <ENTER> para Continuar PF5 - Cancela I
I                                     ----- I

```

TELA 16 - Peças recuperadas com a especificação do Código

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92 I
I  -----                                     ----- I
I                                     SCC-GRUCON      Hora : 12:38 I
I                                     ----- I
I                                     CLASSIFICACAO I
I                                     ----- I
I  NUMERO DE IDENTIFICACAO....: 40361741 I
I  DENOMINACAO .....: PISTAO I
I                                     ----- I
I  _ CAMPO 1 - TIPO DE PROCESSO E FORMA BASICA I
I  S CAMPO 2 - DIMENSOES I
I  _ CAMPO 3 - FORMA GEOMETRICA I
I  _ CAMPO 4 - TOLERANCIA / RUGOSIDADE I
I  _ CAMPO 5 - TIPO DE MATERIAL I
I                                     ----- I
I  Digite 'S' para escolher a opcao I
I  CODIGO ==> 0 232 230228020 122 22 I
I                                     ----- I
I  PF6 - FINALIZA I
I                                     ----- I

```

TELA 17 - Opção de classificação diretamente pelos dígitos

```

=====
I  SISTEMA DE CODIFICACAO E CLASSIFICACAO      Data : 21/09/92 I
I  -----                                     ----- I
I                      SCC-GRUCON                Hora : 12:38 I
I                                                         I
I                      CLASSIFICACAO              I
I                                                         I
I                      CONFERENCIA                I
I                                                         I
I  NUMERO DE IDENTIFICACAO....: 40361741         I
I  DENOMINACAO.....: PISTAO                     I
I                                                         I
I                      CAMPO 2 - DIMENSOES         I
I                                                         I
I  DIGITO DESCRICAO DO DIGITO  DESCRICAO SUB-DIGITO  SUB-DIGITO I
I    2    MAIOR COMPRIMENNT0 L    30 <= L < 70    ..... 2    I
I    3    MAIOR DIAMETRO D        100 < D <= 160    ..... 3    I
I    4    RELACAO L/D              1 < L/D <= 3     ..... 2    I
I                                                         I
I    CODIGO GERADO : 0 232 230228020 122 22      I
I                                                         I
I    PF1 - HELP    PF2 - TELA ANTERIOR           I
I                                                         I
=====

```

TELA 18 - Verificação dos dígitos de uma peça classificada

#### 5.7.4 - METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO COMPUTACIONAL

Uma metodologia de implantação foi estabelecida visando dois objetivos: demonstrar à empresa o cumprimento do cronograma; e, o mais cedo possível, familiarizar os usuários com o sistema.

Neste sentido, o primeiro passo foi criar-se um protótipo de um SCC (enquanto o código real estivesse em elaboração). O objetivo principal era o de se antecipar a futuros refinamentos no SCC, pois quando da sua implantação, muitos destes já teriam sido realizados. Elaborou-se um manual do usuário do SCC protótipo e enviou-se à empresa para discussão entre a Equipe GRUCON e os usuários. Posteriormente terminou-se o sistema protótipo com algumas sugestões já implementadas.

Porém, na época de implantação do SCC protótipo, a empresa interrompeu o trabalho em função de circunstâncias econômicas nacionais.

## 5.8 - DIFICULDADES NA IMPLANTAÇÃO DO SCC

Durante as etapas envolvidas no desenvolvimento do SCC, surgiram muitas dificuldades, destacando-se:

- Aspectos Técnicos: Dentro desta abordagem, pode-se apontar que a maior razão foi a não familiarização do GRUCON com um desenvolvimento desta natureza.

Neste sentido, atividades como o levantamento de informações, definição de população de peças, formação e oficialização do grupo de trabalho, e outras, poderiam ter sido feitas em menor tempo de forma mais eficiente. Muitas vezes a cautela em excesso, torna o programa moroso e tedioso.

Do ponto de vista do código especificamente, foram muitas as características e detalhes a serem analisadas, aliada à grande diversidade de produtos manufaturados pela empresa. Isto, novamente, exige um forte preparo técnico e familiarização desta atividade para quem está coordenando. Muitas vezes, tenta-se enquadrar todas as peças da população, dentro do código, evitando assim a existência de excessões. Isto torna o código muito extenso e as vezes ineficiente, pelo fato de se criar um dígito ou sub-dígito para 1% ou menos, da população de peças.

Neste sentido ainda, a definição e padronização de terminologias, para cada característica do código, foi outra atividade muito desgastante, pois exigiu muitas vezes imposições nem sempre aceitas de pronto por todos as participantes.

- A falta de Divulgação: As barreiras surgidas em função deste aspecto, foram as mais diversificadas possíveis. Em uma primeira tentativa, o levantamento do fluxo de informações, simplesmente tornou-se inviável. Isto porque as pessoas não conheciam o trabalho que estava sendo feito e ficaram temerosas que as informações colhidas fossem usadas em seu prejuízo. Cabe ressaltar que devido a certos posicionamentos da gerência com relação aos funcionários, havia um clima de bastante desconfiança entre ambos.

O setor de SPD, sentiu-se ameaçado com o surgimento de uma equipe que desenvolveria um "software", sem uma primeira reunião para avaliar as atividades de tal setor. Isto provocou um truncamento bastante grande, no que se referia ao fornecimento de informações.

Durante as reuniões de conscientização, muitas vezes funcionários foram solicitados aos seus postos de serviço, de uma forma que inibia a sua participação em próximas reuniões, devido ao desconhecimento de suas chefias com relação ao trabalho.

Por último, dentro deste contexto, descobriu-se que a empresa também estava implantando um sistema (MRP), que previa dentro de seu cadastro de dados, uma codificação de peças. Entretanto, tal codificação estava sendo baseada em normas técnicas não abrangendo dados mais específicos de projeto ou processo das peças. Neste sentido, mostrou-se à empresa, que tal código não atenderia os objetivos maiores de integração e padronização de desenhos dentro do escopo de sistema CAD/CAM.



Como solução (política) para tal episódio, o GRUCON deveria continuar suas atividades, contudo dando maior enfoque no código que estava desenvolvendo para dados de processo de fabricação, sendo futuramente previsto um ambiente computacional para união de ambos os códigos. Entretanto, este fato, além de mexer bastante com os "brios" dos setores que estavam a frente de tal programa, causou uma surpresa bastante grande a nível de estratégia para as gerências da empresa. Esta foi mais uma das razões que contribuíram para se optar pela formação do Grupo de Trabalho, por integrantes do DPI.

- **A falta de conscientização da Gerência e Chefias:** Este talvez foi um dos aspectos mais falhos do programa. Isto propiciou que as gerências assinassem um contrato, para desenvolvimento de um sistema, sem saber o que era exatamente o sistema, onde atuaria, tempo e investimentos (financeiros e humanos) necessários, etc.. Como implicação, após o primeiro ano de atividades, a própria gerência, em função do questionamento de alguns setores com relação aos objetivos do programa, pediu ao GRUCON, um posicionamento com relação a suas atividades. Na visão de algumas gerências e chefias, o trabalho do GRUCON, estaria limitado exclusivamente à implantação do CAM.

- **Falta de Motivação:** Percebia-se na empresa, uma forte resistência, até inconsciente, não só às mudanças que seriam causadas pelo sistema, mas principalmente, as ações que deveriam ser tomadas para o desenvolvimento do mesmo. As pessoas tinham receios com relação ao efetivo apoio que suas chefias dariam a este tipo de trabalho.

## 5.9 - ORGANIZAÇÕES PARALELAS / MOTIVAÇÃO

Como forma de motivar mais a empresa, dentro das dificuldades apresentadas, e para uma possível futura implantação de células de fabricação, iniciaram-se algumas atividades de organização e otimização do ambiente fabril.

Percebia-se, principalmente no chão de fábrica, um ambiente de desconfiança mútua entre operários, chefias e gerentes, criando assim um clima de insegurança. Este clima, fazia com que as pessoas fossem muito receosas com relação a mudanças em suas rotinas de trabalho. Tudo isto, contribuía para aumentar ainda mais, a já difícil troca de informações dentro da fábrica, além de estimular o crescimento de uma tendência em ocultar os problemas. Normalmente a solução dos problemas, limitavam-se a achar um culpado.

Com base nisto, decidiu-se inicialmente, testar algumas experiências de organização e otimização, com o objetivo de preparar e desmistificar, para aqueles setores, alguns conceitos como células de fabricação e técnicas japonesas para administração da produção.

O primeiro passo neste sentido, foi preparar uma série de palestras a respeito dos temas citados (Kanban, "just-in-time", Células Flexíveis, CCQ, Kayzen, etc.), para as chefias de setores e após, para os operários envolvidos com os setores escolhidos para tais experiências.

Paralelamente a isto, foram feitas visitas, por algumas pessoas da empresa, que estavam participando do programa, à empresas que possuíam programas desta natureza em pleno

funcionamento. Este foi um dos aspectos, onde obteve-se maior motivação, pois com o retorno de tais pessoas, um forte esforço se deu para implantar algumas destas experiências.

Sendo assim, os primeiros resultados surgiram no setor de Ferramentaria, com a organização das ferramentas, que antes apresentavam-se estocadas em gavetas e começavam então a serem acomodadas em painéis visuais. Nestes painéis, também foram pintadas cores, indicando assim, ferramentas afiadas, por afiar, quebradas, etc.. Com isto obtinha-se uma idéia dinâmica e visível do que a empresa possuía com relação àquelas ferramentas em questão.

Devido a conscientização da chefia deste setor, e as pessoas envolvidas, as mudanças ocorreram de uma forma espantosa, além das expectativas. Uma vez que as atividades neste setor estavam em pleno andamento, dirigiu-se tais experiências para alguns testes no setor de fabricação de ferramentas e dispositivos. Isto por que tal setor, funcionava como uma mini-fábrica dentro da própria empresa.

Além das implantações feitas no setor anterior, testou-se também nesta área, a utilização de painéis para o planejamento de serviços, bastando aos coordenadores de produção, dispor seus serviços, conforme suas necessidades, e aos operários produzirem conforme as prioridades programadas no painel. Neste sentido também havia cores para identificar se a peça era urgente, normal, aguardava solução técnica, estava pronta, etc..

Também neste setor, foram testados alguns aspectos do Kayzen, no sentido de se obter sugestões dos operários da área para otimizações e melhorias, funcionando de uma forma boa.

Sendo assim, outros setores da empresa começaram a introduzir, sem auxílio, obrigatoriedade ou indução, tais experiências. Em alguns casos, operários solicitavam trabalhar após seu horário normal, para pintar painéis ou poder dedicar-se mais a tais atividades.

Isto tudo, causou na empresa uma tendência positiva às mudanças e expectativas benéficas com relação ao trabalho. No entanto, nesta fase, pode-se perceber certa rejeição por parte de algumas chefias. Isto deveu-se basicamente a dois aspectos:

- Algumas chefias não aceitavam que tais modificações estivessem ocorrendo em suas áreas sem a sua coordenação;
- Não havia, a princípio, uma simpatia por parte das gerências com relação a tais técnicas.

Isto realmente foi um fator preocupante e bastante negativo, pois, muitos destes operários envolvidos mereciam e necessitavam, para seus próprios empenhos, o reconhecimento, e isto não estava ocorrendo. Em alguns casos, ocorria exatamente a situação inversa. Desta forma, preferiu-se deixar a continuidade desta atividade por decisão da empresa.

Um segundo tipo de experiência feita, foi mostrar às gerências e chefias, e conseqüentemente aos operários, as vantagens da utilização de células de fabricação, se comparado aos métodos utilizados pela empresa.

Como já referido no capítulo 5, selecionou-se uma peça simples, que seria fabricada em dois pequenos lotes em datas diferentes, podendo assim ser feita uma comparação entre os tipos de produção de "lay-out" funcional e celular. Estas peças

passavam por 2 turnos, 1 fresadora e 1 retífica. Para isto, foram acionadas as chefias dos setores de PCP (Planejamento e Controle da Produção) e Usinagem, para aprovação. Cabe ressaltar que ambas as chefias não acreditavam nos resultados, posicionando-se bastante céticas com relação a forma de "lay-out" celular.

O primeiro lote foi usinado, pelo processo usual da empresa, sendo levantados alguns dados, como tempos de preparação das máquinas, de usinagem e de espera. Após duas semanas, o segundo lote foi usinado na forma celular, sendo os mesmos dados novamente levantados. Cabe ressaltar que a célula fora concebida na forma virtual, sem alteração na alocação física de máquinas, sendo o transporte feito pela pessoa que estava levantando os tempos. Ao final da experiência, a própria chefia do setor de Usinagem, estava participando e ajudando no transporte das peças.

Os resultados mostraram claramente a redução de 96% dos tempos de produção, do processo convencional, para o processo celular. A maior parcela deste tempo, atribui-se à redução nos tempos de espera entre uma máquina e outra.

Estes resultados foram então expostos aos envolvidos com a experiência. Um relatório foi mostrado as chefias e gerências, com o objetivo de conscientização e motivação, mostrando os resultados em termos de custos. Entretanto, devido a um receio ainda acentuado, por parte da gerência, preferiu-se não insistir, em outros tipos de experiências ou implantações, naquela época.

## 5.10 - FINAL DO PROJETO

Como já referido, o projeto foi encerrado abruptamente devido às circunstâncias econômicas nacionais, não havendo assim tempo hábil para implantá-lo conforme previsto.

As atividades, tanto computacionais como de formalização do código, continuaram por mais alguns meses sendo desenvolvidas na UFSC. Logicamente o trabalho de desenvolvimento do código, não pode ser considerado totalmente concluído, uma vez que, mais testes seriam necessários após sua implantação na empresa, o que não ocorreu. Com relação ao sistema computacional, grande parte do mesmo foi concluída, restando apenas ser testado com dados reais de empresas.

## 6.0 - CONCLUSÃO

Como abordado na introdução deste trabalho, os sistemas produtivos tradicionais, carecem de novas técnicas para poder se adaptar, de forma mais rápida e eficaz, às exigências que o mundo moderno está impondo.

A GT, dentro deste contexto, tem a sua parcela de importância, e, sem dúvida, deve ser considerada como parte de uma ampla estratégia de modernização das empresas, não devendo ser tratada como uma tecnologia isolada.

A bibliografia aborda possibilidades de alguns problemas na implantação desta filosofia, que podem variar bastante e atingir tanto aspectos técnicos quanto humanos.

O presente trabalho, pode comprovar, na prática, alguns dos alertas feitos na literatura especializada, reforçando principalmente os seguintes aspectos:

- É fundamental que a empresa tenha uma consciência, formada e embasada, dos objetivos pretendidos com a introdução de tecnologias ligadas ao CIM, bem como do tempo de duração, dos custos envolvidos, e do retorno do investimento através de reais benefícios. Esta consciência, deve estar, de forma bastante transparente, em todos os níveis e em todas as áreas de atuação do projeto, uma vez que uma das primeiras etapas para a integração real de uma empresa, passa sem dúvida pela integração das pessoas. Por esta razão, uma atenção especial deve ser dada, formalmente, tanto à DIVULGAÇÃO quanto à MOTIVAÇÃO, devendo ser realizada de "cima para baixo", em todos os níveis de hierarquia da empresa, principalmente nas

gerências, para que não haja questionamentos ou mal entendidos, por desconhecimento do assunto, que possam comprometer o programa.

- Na comunicação para a coleta de informações, deve-se evitar burocracias. Entretanto, a formalização, através de papéis, em certos casos, pode ser necessária.
- O tempo de implantação da filosofia da GT, envolvendo especificamente SCC, em uma empresa, é realmente longo. No caso do projeto em questão, gastou-se aproximadamente 1 ano e 4 meses, para se chegar a um código, não totalmente testado. Provavelmente a implantação completa do SCC, até surgirem os primeiros resultados, poderia levar de 2 a 3 anos. Por esta razão, é fundamental um plano de atuação (com datas e eventos), bem definido, que sirva de orientação, tanto para quem está desenvolvendo, quanto para quem está solicitando. Somado a isto, devem estar envolvidos aspectos como motivação e amostra de resultados preliminares.
- A coordenação técnica de um SCC, ou até mesmo de um programa de GT, no Brasil, esbarra com uma acentuada falta de literatura especializada disponível. Isto exige de quem venha a coordenar um programa desta natureza, um forte preparo prévio. Aspectos como levantamento de características, definição de dígitos, padronização e definição de terminologias, são muito peculiares para cada empresa, e sua operacionalização pode se tornar desgastante.
- A capacidade que um código possa ter de representar, da melhor forma possível, uma população de peças, passa inevitavelmente pelo número de dígitos. Por esta razão, é muito difícil se



obter um código que abranja, por completo, toda a população de peças. Sendo assim, novas abordagens como a de "feature-based", reconhecimento de padrões, etc. podem ser avaliadas para suprir esta lacuna.

- No caso de sistemas desenvolvidos sob-encomenda, é necessário a participação dos futuros usuários nas etapas de desenvolvimento do código. Isto para se obter um sistema que espelhe mais fielmente a realidade da empresa.
- O treinamento para utilização do sistema, representa um dos aspectos que não pode ser testado, na prática, no âmbito do presente trabalho. Entretanto, pode-se perceber, nas atividades de desenvolvimento do código, que, sem uma conscientização técnica aos usuários (integrantes da equipe de desenvolvimento do código), muito possivelmente não se chegaria aos resultados obtidos, podendo-se assim comprovar, a importância fundamental do aspecto treinamento, dentro de uma implantação desta natureza.

Somado a estes aspectos, pode-se perceber que nas empresas, de uma forma geral, as pessoas trabalham para "apagar incêndios". São poucas as pessoas que possuem tempo para se aperfeiçoar, planejar e até executar um programa desta natureza. Para piorar este quadro, no Brasil, pode-se afirmar que são raras as empresas fornecedoras de pacotes de SCC ou programas de implantação.

Sendo assim, uma boa solução, talvez seja, como no caso do trabalho apresentado, a união de esforços entre instituições de pesquisa e empresas, conciliando interesses, na busca de soluções.

Um outro aspecto, é que, devido à própria mecanicidade e recorrência dentro das empresas, muitas vezes, os trabalhos são feitos de forma complexa, quando, na realidade, adotando medidas baseadas no bom senso se poderia chegar a soluções bem mais simples, que normalmente são mais fáceis de serem implementadas. Neste sentido o trinômio simplificar, otimizar e automatizar, deve estar presente em todas as etapas de implantação de tecnologias que objetivam o CIM.

Finalmente deve ser ressaltado que não existe uma metodologia de implantação, "matematicamente definida" para a GT. Muitos aspectos da seqüência abordada por este trabalho, podem ser aproveitados para futuras implantações, contudo, sempre aplicados à luz crítica do bom senso sob pena de não se obter os resultados esperados.

#### 6.1 - SUGESTÕES PARA CONTINUIDADE DO TRABALHO

O presente trabalho, devido a certas limitações não pode abordar determinados pontos que ficam aqui como sugestões para futuros trabalhos.

O código desenvolvido não chegou a ser implantado na empresa computacionalmente. Uma implantação prática, numa empresa, seria interessante, com o objetivo de avaliar os resultados finais de tal implantação, como, por exemplo, eficiência do sistema, interatividade, aspectos de treinamento técnico para utilização do sistema, etc..

O ambiente IBM, não é muito comum entre pequenas empresas. Por esta razão, seria interessante uma migração de tal sistema

para microcomputadores, que já se encontram bastante difundidos, podendo-se assim utilizar mais dos recursos gráficos oferecidos por tais equipamentos e ferramentas de "software" mais variadas, a custos bastante suportáveis pelas empresas menores.

O SCC-GRUCON, prevê uma interface, não implementada, onde a estrutura do código poderia ser adaptada para qualquer empresa, sem a necessidade de reprogramação do mesmo. Sendo assim tal módulo poderia ser concluído.

Em setembro/91 [72] foi desenvolvido, como resultado de uma tese de mestrado, um sistema para formação de famílias de peças e máquinas, baseado em dados de processos. Neste sentido, uma interface poderia ser desenvolvida para formação, mais consistente, de famílias de peças, não só levando em conta os dados de processo, mas também características de projetos, através do SCC desenvolvido.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [01] BURBIDGE, JOHN L., "The Introduction of Group Technology". Heinemann, London, 1975.
- [02] GALLAGHER, C. C.; KNIGHT, W. A., "Group Technology". Butterworth & Co Ltd, London, 1973.
- [03] GALLAGHER, C.C.; KNIGHT, W.A., "Group Technology Production Methods in Manufacturing". Ellis Horwood Limited, England, 1986.
- [04] GONÇALVES, EDUARDO V. FILHO; TSUJI, MARCOS; LIRANI, JOÃO, "Fabricação em Famílias de Peças: Um Novo Conceito em Sistemas de Produção". Máquinas e Metais, pp. 36-40, agosto; pp. 88-95, setembro; pp. 42-49, dezembro, 1982
- [05] TEIXEIRA, J.J. PAMIES; MACHADO, VIRGÍLIO CRUZ, "Novos Modelos de Classificação na Tecnologia de Grupo", UNL/FCT, Relatório Interno EM/RP - 020/88, junho 1988.
- [06] KUSIAK, ANDREW; HERAGU, SUNDERESH S., "Group Technology". Computer in Industry, num. 9, pp. 83-91, 1987.
- [07] KUSIAK, ANDREW, "The Parts Families Problem in Flexible Manufacturing Systems". Annals of Operation Research, num. 3, pp. 279-300, 1985.
- [08] KUSIAK, ANDREW, "The Generalized Group Technology Concept". International Journal Production Research, vol. 25, num. 4, pp. 561-569, 1987.
- [09] TEIXEIRA, J.J. PAMIES, "A Tecnologia de Grupo num Ambiente Integrado de CAD/CAM". Workshop do Projeto CYTED-D, novembro 1988.

- [10] GROOVER, MIKELL P. and ZIMMERS, EMORY W. Jr., "CAD/CAM: Computer Aided Design and Manufacturing". Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1984.
- [11] MACHADO, VIRGÍLIO A. CRUZ e TEIXEIRA, J. J. PAMIES, "Tecnologia de Grupo". Tecnometal, vol. setembro/outubro, 1987.
- [12] SHUNK, DAN L., "Group Technology Provides Organized Approach to Realizing Benefits of CIMS". Industrial Engineering, pp. 74-80, Abril 1985.
- [13] MARION, DAVID; RUBINOVICH, J.; HAM, INYONG, "Developing a Group Technology Coding & Classification Scheme". Industrial Engineering, pp. 90-97, Julho 1986.
- [14] KNOX, CHARLIE, "CAD/CAM and Group Technology: The Answer to Systems Integration?". Industrial Engineering, pp. 66-73, novembro 1980.
- [15] MACHADO, VIRGÍLIO A. CRUZ, "Tecnologia de Grupo - Uma Filosofia de Produção". UNL/DI 59/86, dezembro 1986.
- [16] DESAI, DILLIP T., "How One Firm Put a Group Technology Parts Classification System Into Operation". Industrial Engineering. pp. 78-86, novembro 1981.
- [17] GRILLO, RICARDO CASTRO DE MEIROZ, "Introdução do Software OIR - Tecnologia de Grupo MULTICLASS/CAPP no Sistema CAD/CAM e Implementação na Engenharia do Produto e Manufatura". Anais Simpósio sobre CAE/CAD/CAM Sobracon, junho 1988.
- [18] CHEVALIER, PETER W., "Group Technology: The Connecting Link to Integration of CAD and CAM". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 51-64, 1987.

- [19] HYER, NANCY L. and WEMMERLOV, URBAN, "Group Technology and Productivity". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 3-12, 1987.
- [20] ADLARD, EDWARD J., "The Use of Flexible Group Technology Codes in Process Planning". 19th Annual Meeting and Technical Conference Numerical Control Society, pp. 18-21, abril 1982.
- [21] OPITZ, H. and WIENDAHL, H.P., "Group Technology and Manufacturing for Small and Medium Quantity Production". International Journal Production Research, vol. 9, num. 1, pp. 181-203, 1971.
- [22] HOUTZEEL, ALEXANDER, "The Many Faces of Group Technology". American Machinist, pp. 115-120, janeiro 1979.
- [23] HALEVI, GIDEON, "GT, not Coding and Classification". American Machinist, pp. 158-162, agosto 1978.
- [24] ALLISON, JASPER W. and VAPOR, J. CURT, "GT Approach Proves Out". American Machinist, pp. 86-89, fevereiro 1979.
- [25] MOSIER, CHARLES and TAUBE, LARRY, "The Facets of Group Technology and Their Impacts on Implementation - A State-of-the-Art Survey". OMEGA International Journal of Managment Scienc, vol. 13, num. 5, pp. 381-391, 1985.
- [26] HYER, NANCY LEA and WEMMERLOV, URBAN, "Group Technology Oriented Coding Systems: Structures, Aplications, and Implementation". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 101-106, 1987.

- [27] LIN, LI and BEDWORTH, DAVID D., "A Semi-Generative Approach to Computer-Aided Process Planning Using Group Technology". Computer and Enginner, vol. 14, num. 2, pp. 127-137, 1988.
- [28] GONÇALVES, EDUARDO VILA FILHO, "Introdução à Tecnologia de Grupo: Um Novo Enfoque em Sistemas de Produção". Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1982.
- [29] HAM, INYONG, "Group Technology". Handbook of Industrial Enginnering, Gavriel Salvend (editor), John Wiley & Sons Inc., 1982.
- [30] GONÇALVES, EDUARDO VILA FILHO, "Computer Aided Group Technology Part Family Formation Based on Pattern Recognition Techiniques, Ph.D. Thesis in Industrial Engineering, Pensylvania State University, 1987.
- [31] MONTEVECHI, JOSÉ ARNALDO, "Tecnologia de Grupo Aplicada ao Projeto de Células de Fabricação". Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 1989.
- [32] CHANG, TIEN-CHIEN and WYSK, RICHARD A., "An Introduction to Automated Process Planning Systems". Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1985.
- [33] TEIXEIRA, J.J. PAMIES; CUNHA, GILBERTO D., "Implementação de um Modelo para a Integração da Classificação, Projecto e Planeamento da Manufactura de Peças Mecânicas baseadas em seus Atributos e Apoiada por Base de Conhecimentos". UNL/FCT, Relatório Interno EM - RP/025/89, março 1989.

- [34] BURBIDGE, JOHN L., "Group Tecnology in Yugoslavia". Production Engineer, pp. 11-13, dezembro 1987.
- [35] BAER, TONY, "With Group Technology, No One Reinvents The Wheel". Mechanical Engineering, pp. 60-69, novembro 1985.
- [36] THOMPSON, A. R., "Establishing a Classification and Coding System". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 107-112, 1987.
- [37] RAJA, NARESH; TARAMAN, KHALIL S. and HAMED, NIHAD, "Group Technology Application - Sheet Metal Fabrication". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 113-124, 1987.
- [38] PAPAS, P. N., "Parts Coding, A Cost Effective Management Tool". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 125-138, 1987.
- [39] SALVANY, MARCO A. e BOSCARIOLI, NELSON. " "Just-In-Time" na Prática, Uma Experiência Bem Sucedida"., Simpósio "Como Adotar Estratégias de Produtividade" - Sobracon, Porto Alegre, junho 1988.
- [40] OLIVER, W.H., "Actual Implementation of Group Technology in a Machine Shop Environment". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 265-279, 1987.
- [41] STYSLINGER, THOMAS P., " Group Technology for Electronic Assembly". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 321-337, 1987.
- [42] HYER, NANCY LEA, "The Potencial of Group Technology for U.S. Manufacturing". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 391-406, 1987.



- [43] MASSEY, R. M. and FLETCHER, P. R., "Group Technology Applications in Aircraft Manufacturing". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 169-177, 1987.
- [44] TULKOFF, JOSEPH, "Implementaing a Computer Process Planning System Based On a Group Technology Classification and Coding Scheme". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 149-151, 1987.
- [45] DUNLAP, GLENN C. and HIRLINGER, CRAIG R., "Well Planned Coding, Classification System Offers Company-Wide Synergistic Benefits". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 101-106, 1987.
- [46] LISS, A. S., "Planning, Justification and Implementation of a CIM Solution". CIM: Communication/Standardization/Interfaces, T. Bernold and W. Guttropf (editors), Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), GDI, 1988.
- [47] HIRSCH, BERND E., "Comunicação no Ambiente de Manufatura: Aspectos Intra e Interorganizacional". Anais Seminário de Comando Numérico e Automatização Industrial - Sobracon, 1989.
- [48] KHATOR, S.K. and IRANI, S.A., "Cell Formation in Group Technology: A New Approach". Computers and Engineering, vol. 12, num. 2, pp. 131-142, 1987.
- [49] GUNN, THOMAS G., "The Mechanization of Design and Manufacturing". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 31-46, 1987.

- [50] WANG, HSU-PIN and CHANG, HENG, "Automated Classification and Coding Based on Extracted Surface Features in a CAD Data Base". The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, vol 2, num. 1, pp. 25-38, 1987.
- [51] GRUM, J.; LOGAR, B.; HLEBANJA, G. and PEKLENIK, J., "Design of Database for CAD Based on Group Technology". Robotics & Computer Integrated Manufacturing, vol. 4, num. 1/2, pp. 49-62, 1988.
- [52] CHEN, YU-TUNG and YOUNG, ROBERT E., "PACIES, A Part Code Identification Expert System". IIE Transactions, vol. 20, num. 2, pp. 132-136, junho 1988.
- [53] SAURA, CARLOS EDUARDO, "A Tecnologia de Grupo Orientada para o seu Usuário". Automação & Indústria, num. 26, pp. 14-17, janeiro 1990.
- [54] JAPAN SOCIETY FOR THE PROMOTION OF MACHINE INDUSTRY. "Group Technology", 1980.
- [55] ZMOLEK, DENNIS F., "Reduced Cost Through Technology Application". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 163-168, 1987.
- [56] SMART, HARRY G., "Group Technology and the Least Cost Method". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 178-202, 1987.
- [57] GRUMMON, PHYLLIS T. H., "Managing the Introduction of New Technology: Methods from Organizational Development and Practice". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 407-412, 1987.

- [58] ADLARD, EDWARD, "The New Role of Group Technology in Factory Automation". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 413-420, 1987.
- [59] NOLEN, JAMES, "Group Technology and Computer Integrated Manufacturing". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 13-30, 1987.
- [60] BEDWORTH, DAVID D.; HENDERSON, MARK R.; WOLFE, PHILIP M., "Computer Integrated Design and Manufacturing". McGraw-Hill Inc., 653p, 1991.
- [61] SERIO, LUIZ CARLOS, "Tecnologia de Grupo no Planejamento de um Sistema Produtivo". Icone Editora Ltda, São Paulo, 1990.
- [62] HOUTZEEL, ALEX, "Process Planning and Group Technology". CAD/CAM Handbook, cap. 17, Erich Teicholz (editor), MC.Graw-Hill Book Company, 1985.
- [63] CUNHA, GILBERTO DIAS and TEIXEIRA, J.J. PAMIES, " A Feature-Based Computer-Aided Design Model With Application To Design for Manufacture". Proceedings of the 6th International Forum on CAD, Midlands, U.K., pp. 112-121, setembro 1991.
- [64] DRAKE, SAMUEL and SELA, SAMUEL, "A Foundation for Features". Mechanical Engineering, pp. 66-73, janeiro 1989.
- [65] KLEIN, ARTHUR, "A Solid Groove: Feature-Based Programming of Parts", Mechanical Engineering, pp. 37-39, março 1988.
- [66] SHAH, JAMI; SREEVALSAN, PALAT and MATHEW, ABRAHAM, "Survey of CAD/Feature-Based Process Planning and NC Programming Techniques". Computer-Aided Engineering Journal, pp. 25-33, fevereiro 1991.

- [67] DEITZ, DANIEL, "The Power of Parametrics". Mechanical Engineering, pp. 58-64, janeiro 1989.
- [68] CHEN, CHIN-SHENG, "A Form Feature Oriented Coding Scheme". Computer and Engineering, vol. 17, num. 1-4, pp. 227-233, 1989.
- [69] HENDERSON, M. R. and MUSTI, S., "Automated Group Technology Part Coding From a Three-Dimensional CAD Database". Transactions of the ASME, vol. 110, agosto 1988.
- [70] HITOMI, K., "Manufacturing Systems Engineering". Taylor & Francis Ltd, London, 1979.
- [71] BILLO, RICHARD E.; RUCKER, ROB and SHUNK, DAN L., "Integration of a Group Technology Classification and Coding System with an Engineering Database". Journal of Manufacturing Systems, vol. 6, num. 1, pp. 37-45.
- [72] LORINI, FLAVIO JOSÉ, "Aplicação da Tecnologia de Grupo na Organização de Ambientes de Manufatura". Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, setembro 1991.
- [73] CHU, C-H., "Cluster Analysis in Manufacturing Cellular Formation". Omega - International Journal of Management Science, vol. 17, num. 3, pp. 289-295, 1989.
- [74] KUSIAK, ANDREW, "An Expert System For Group Technology". Industrial Engineering, pp. 56-61, outubro 1987.
- [75] POTHS, WILLI, "From Problem Definition to Implementation". CIM: Communication/Standardization/Interfaces, T. Bernold and W. Guttropf (editors), Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), GDI, 1988.

- [76] SPENCER, MICHAEL S., "Scheduling Group Technology Lines for Optimum Productivity". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 367-377, 1987.
- [77] BAPTISTA, MARCOS A. e FERRARI, JOSÉ O., "Desenvolvimento e Implantação de um Sistema para Planejamento do Processo com Auxílio Computacional em uma Indústria de Auto-Peças". Anais do 9o Seminário de Comando Numérico do Brasil - Sobracon, 1989.
- [78] SCHRODER, GUNTHER, "Communication and Standardization in the Context of a Global CIM Concept Solution". CIM: Communication/Standardization/Interfaces, T. Bernold and W. Guttropf (editors), Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland), GDI, 1988.
- [79] ANSARI, AHSANUDDIN, "Survey Identifies Critical Factors in Successful Implementation of Just-In-Time Purchasing Techniques". Industrial Engineering, pp. 44-50, outubro 1986.
- [80] CHENG, TCE, "The Just-In-Time Production: A Survey of its Development and Perception in the Hong Kong Electronics Industry". OMEGA - International Journal of Management Science, vol. 16, num. 1, pp. 25-32, 1988.
- [81] BYARD, JAMES B., "Why Using Just-In-Time Is Getting Back to Basics For American Industry". Industrial Engineering, pp. 43-44, agosto 1987.
- [82] MARTINS, CARLOS, "JIT, TQC, MRPII, CCQ, KANBAN, MPT: As Palavras Mágicas da Produção". Automação & Indústria, dezembro 1988.

- [83] COOPERS & LYBRAND INTERNATIONAL. "Just-in-Time: Sucesso em Dez Etapas". Consultoria em Manufatura.
- [84] RIBEIRO, ARNALDO PEREIRA, "Produtividade X Resistência à Mudança - Aspectos Sociotécnicos". Boletim Sobracon, num. 41, 1988.
- [85] SMITS, LEONARD J., "A Automação e a Robótica Valem Realmente a Pena?". Boletim Sobracon, num. 39/40, 1988.
- [86] DANTAS, VERA, "Identidade, o Principal Ganho da Mahle no MRPII". Automação & Indústria, num. 24, setembro 1990.
- [87] MODEN, YASUHIRO, "Produção Sem Estôques: Uma Abordagem Prática ao Sistema de Produção da Toyota". Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais - IMAM, 1984
- [88] GIURLIAN, SÍLVIA, "Os Obstáculos no Caminho do CIM", Automação & Indústria, num. 27, dezembro 1990
- [89] ARNDT, GUNTER, "Aperfeiçoamento Contínuo da Manufatura Baseado em Técnicas JQT". Máquinas e Metais, num. 311, dezembro 1991.
- [90] MÁQUINAS E METAIS, "Apesar da Crise, Aumenta a Oferta de Tornos CNC". Máquinas e Metais, num. 294, julho 1990.
- [91] KUSIAK, ANDREW and CHON, WING S., "Efficient Solving of the Group Technology Problem". Journal of Manufacturing Systems, vol. 6, num. 2, pp. 117-124.
- [92] OLIVA-LOPEZ, E. and PURCHECK, G. F., "Load Balancing for Group Technology Planning and Control". International Journal Machine Tools Des. Research, vol. 19, pp. 259-274, 1979.

- [93] HAN, CHINGPING and HAM, INYONG, "Multiobjective Cluster Analysis for Part Family Formation". Journal of Manufacturing Systems, vol. 5, num. 4, pp. 223-229, 1986.
- [94] HODGES, A. and DALE, BG, "An Application of Multidiscipline Group Working". Omega - International Journal of Management Science, vol. 10, num. 4, pp. 391-400, novembro 1982.
- [95] DALE, BG and RUSSELL, D., "Production Control Systems for Small Group Production". Omega - International Journal of Management Science, vol. 11, num. 2, pp. 175-185, setembro 1983.
- [96] DALE, BG and HAYWARD, SG., "Quality Circle Failures in UK Manufacturing Companies - A Study". Omega - International Journal of Management Science, vol. 12, num. 5, pp. 475-484, fevereiro, 1984.
- [97] PITANGA, FERNANDO, "Automação: Treinamento e Filosofia Empresarial - Uma Estratégia de Onze Pedras para a Busca da Qualidade Comportamental". Anais do 8o Seminário de Comando Numérico no Brasil - Sobracon, agosto 1988.
- [98] HOUTZEEL, ALEXANDER, "Computer - Assisted Process Planning Minimizes Design and Manufacturing Costs". Industrial Engineering, pp. 60-64, novembro 1981.
- [99] MURADI, S.S. and LIN, LI, "Ruled-Based Automatic Part Feature Extraction and Recognition from CAD Data". Computer Industrial Engineering, vol. 22, num. 1, pp. 49-62, 1992.
- [100] HIRAMA, MORIO, "Gerenciando as Informações da Empresa". Automação & Indústria, num. 38, março 1992.
- [101] AUTOMAÇÃO & INDÚSTRIA, num. 38, pp. 16-26, março 1992.

- [102] OPTIZ, H. "Werkstückbeschreibenden Klassifizierungssystem". Verlag W. Girardet, Essen, 1966.
- [103] STIPKOVIV, MARCO FILHO; AVAD, MARCOS e PERRACINI, ROBERTO, "Célula de Manufatura: um usuário brasileiro conta sua experiência". Máquinas e Metais, num. 316, pp. 34-42, maio, 1992.
- [104] CROWLEY, ROBERT E. "Let's Discuss CAD/CAM Integration". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 47-50, 1987.
- [105] HYER, NANCY L. and WEMMELOV, URBAN, "MRP/GT. A Framework for Production Planning and Control of Cellular Manufacturing". Capabilities of Group Technology, SME Publication, pp. 47-50, 1987.
- [106] MASLOW, ABRAHAM H. "Motivation and Personality". Harper & Row, Publishers, Inc., New York, 1970
- [107] LECLAIR, STEVEN R. and HILL, THOMAS W. JR. "Functional Planning Approach Maps Out Connections Between People and Systems". Industrial Engineering, pp. 26-37, abril 1984.
- [108] KNIGHT, DONALD O. and WALL, MICHAEL L. "Using Group Technology for Improving Communication and Coordination among Teams of Works in Manufacturing Cells". Industrial Enginnering, pp. 28-34, janeiro 1989.
- [109] SCHAFER, H., DARRACOTT, N.H., O'BRIEN, C. and WILSON, J.R. "The Consideration of Human Factors in the Design of Group Technology Manufacturing Systems". Flexible Automation and Information Management, CRC Press, INC, USA, 1992.



## **8.0 - ANEXO 1 - DESCRIÇÃO DE UMA RAMIFICAÇÃO DO CÓDIGO SCC-GRUCON**

CAMPO 1

TIPO DE PROCESSO E FORMA GEOMETRICA BASICA

SUB DIGITOS	DÍGITO 1 TIPO DE PROCESSO E FORMA BASICA	
0	000-220-000-3	ROTACIONAIS
1		ROTACIONAIS COM DESVIO
2		NAO ROTACIONAIS
3	000-1-20-000-3	ROTACIONAIS E ROTACIONAIS COM DESVIO
4		NAO ROTACIONAIS
5		
6		
7		
8		
9	OUTROS	

CAMPO 2  
SUB-CAMPO 2.1

DIMENSOES PARA PECAS ROTACIONAIS  
(MECANICO E METALICO)

SUB DITOS	DIGITO 2 MAIOR COMPRIMENTO (L)
0	$L < 10$
1	$10 \leq L < 30$
2	$30 \leq L < 70$
3	$70 \leq L < 160$
4	$160 \leq L < 250$
5	$250 \leq L < 350$
6	$350 \leq L < 600$
7	$600 \leq L < 1000$
8	$1000 \leq L < 3000$
9	$3000 \leq L$

CAMPO 2

SUB-CAMPO 2.1

DIMENSOES PARA PECAS ROTACIONAIS  
(MECANICO E METALICO)

SUB DIGITOS	DIGITO 3 MAIOR DIAMETRO (D)
0	$D < 15$
1	$15 \leq D < 40$
2	$40 \leq D < 100$
3	$100 \leq D < 160$
4	$160 \leq D < 250$
5	$250 \leq D < 350$
6	$350 \leq D < 600$
7	$600 \leq D < 1000$
8	$1000 \leq D < 3000$
9	$3000 \leq D$

## CAMPO 2

## SUB-CAMPO 2.1

DIMENSOES PARA PECAS ROTACIONAIS  
(MECANICO E METALICO)

SUB DÍGITOS	DÍGITO 4 RELACAO (L/D) E ESPESSURA (ESP)	
0	M E C A N I C O	$L/D < 0.2$
1		$0.2 \leq L/D < 1$
2		$1 \leq L/D < 3$
3		$3 \leq L/D < 6$
4		$6 \leq L/D$
5	M E T A L I C O	$ESP < 10$
6		$10 \leq ESP < 17$
7		$17 \leq ESP < 30$
8		$30 \leq ESP$
9		SEM RAIO INTERNO OU RAIO INTERNO OBTIDO NO CORTE

## CAMPO 3

### SUB-CAMPO 3.1

#### FORMA GEOMETRICA PECAS ROTACIONAIS (MECANICO)

SUB DÍGITOS	DÍGITO 5 FORMA EXTERNA
0	SEM USINAGEM DA SUPERFÍCIE EXTERNA
1	DIÂMETRO ÚNICO RETO
2	DIÂMETRO ESCALONADO CRESCENTE OU DECRESCENTE EM UM SENTIDO
3	DIÂMETRO ESCALONADO CRESCENTE E DECRESCENTE EM UM SENTIDO
4	DIÂMETRO ÚNICO RETO COM CONES E/OU CURVAS
5	DIÂMETRO ESCALONADO COM CONES
6	DIÂMETRO ESCALONADO COM CURVAS
7	DIÂMETRO ESCALONADO COM CONES E CURVAS
8	DIÂMETRO CÔNICO E/OU CURVO
9	OUTRAS FORMAS

# CAMPO 3

## SUB-CAMPO 3.1

### FORMA GEOMETRICA PECAS ROTACIONAIS (MECANICO)

SUB DÍGITOS	DÍGITO 6 ELEMENTOS DE FORMA EXTERNA E CHANFRO FUNCIONAL
0	SEM ELEMENTOS DE FORMA
1	RASGO LONGITUDINAL E/OU FACIAL
2	REBAIXO E/OU RESSALTO NA SUPERFICIE CILINDRICA
3	CHANFRO OU CURVA FUNCIONAL
4	1 + 2
5	1 + 3
6	2 + 3
7	1 + 2 + 3
8	
9	

**CAMPO 3**  
**SUB-CAMPO 3.1**

**FORMA GEOMETRICA PECAS ROTACIONAIS**  
**(MECANICO)**

SUB DÍGITOS	DÍGITO 7 CANALIS CIRCULARES E ROSCAS
0	SEM CANALIS CIRCULARES E ROSCAS E ROSCA SEM-FIM
1	CANALIS CIRCULARES NA SUPERFICIE CILINDRICA
2	CANALIS CIRCULARES E/OU REBAIXO CIRCULAR NAS SUPERFICIES FACIAIS
3	SUPERFICIE ROSCADA
4	1 + 2
5	1 + 3
6	2 + 3
7	1 + 2 + 3
8	
9	



## CAMPO 3

### SUB-CAMPO 3.1

#### FORMA GEOMETRICA PECAS ROTACIONAIS (MECANICO)

SUB DÍGITOS	DÍGITO 8 SUPERFÍCIES USINADAS ESPECIAIS
0	SEM SUPERFÍCIES PLANAS OU CURVAS USINADAS
1	SUPERFÍCIES PLANAS NA SUPERFÍCIE CILÍNDRICA
2	SUPERFÍCIES POLIGONAIS OU PLANAS PARALELAS NA SUPERFÍCIE CILÍNDRICA
3	DISTRIBUIÇÃO PADRÃO OU ALEATORIA DE RASGOS E REBAIXOS
4	SUPERFÍCIES CONTORNADAS AXIALMENTE
5	(1 OU 2) + 3
6	(1 OU 2) + 4
7	3 + 4
8	1 + 3 + 4
9	2 + 3 + 4

**CAMPO 3**  
**SUB-CAMPO 3.1**

**FORMA GEOMETRICA PECAS ROTACIONAIS**  
**(MECANICO)**

SUB DIGITOS	DIGITO 9 FUROS AUXILIARES
0	SEM FUROS AUXILIARES
1	FUROS RADIAIS E/OU PERPENDICULARES A SUPERFICIES PLANAS
2	FUROS AXIAIS
3	FUROS INCLINADOS COM REBAIXO
4	FUROS INCLINADOS SEM REBAIXO
5	1 + 2
6	1 + (3 E/OU 4)
7	2 + (3 E/OU 4)
8	3 + 4
9	1 + 2 + (3 E/OU 4)

**CAMPO 3**  
**SUB-CAMPO 3.1**

**FORMA GEOMETRICA PECAS ROTACIONAIS**  
**(MECANICO)**

<b>SUB DÍGITOS</b>	<b>DÍGITO 10 TIPOS DE FUROS AUXILIARES</b>
<b>0</b>	<b>FUROS LISOS</b>
<b>1</b>	<b>FUROS ESCALONADOS</b>
<b>2</b>	<b>FUROS COM ROSCAS</b>
<b>3</b>	<b>FUROS ESPECIAIS (COMPOSTOS, PRECISOS E/OU PROFUNDOS)</b>
<b>4</b>	<b>0 + 1</b>
<b>5</b>	<b>0 + 2</b>
<b>6</b>	<b>1 + 2</b>
<b>7</b>	<b>1 + 3</b>
<b>8</b>	<b>2 + 3</b>
<b>9</b>	

**CAMPO 3**  
**SUB-CAMPO 3.1**  
**FORMA GEOMETRICA PECAS ROTACIONAIS**  
**(MECANICO)**

SUB DÍGITOS	DÍGITO 11 ENGRENAGENS E ESTRIAS
0	SEM DENTES E ESTRIAS
1	ESTRIAS
2	DENTES RETOS
3	DENTES HELICOIDAIS
4	DENTES CONICOS
5	1 + 2
6	1 + 3
7	1 + 4
8	2 + 3
9	1 + 2 + 3

**CAMPO 3**  
**SUB-CAMPO 3.1**

**FORMA GEOMETRICA PECAS ROTACIONAIS**  
**(MECANICO)**

SUB DÍGITOS	DÍGITO 12 FORMA INTERNA	
0	SEM FORMA INTERNA	
1	S /  R O S C A	DIAMETRO UNICO RETO
2		DIAMETRO ESCALONADO CRESCENTE OU <u>DE</u> CRESCENTE EM UM SENTIDO
3		DIAMETRO ESCALONADO CRESCENTE <u>E</u> DECRESCENTE EM UM SENTIDO
4		DIAMETRO RETO OU ESCALONADO COM CONE E/OU CURVA
5	C /  R O S C A	DIAMETRO UNICO RETO
6		DIAMETRO ESCALONADO CRESCENTE OU <u>DE</u> CRESCENTE EM UM SENTIDO
7		DIAMETRO ESCALONADO CRESCENTE <u>E</u> DECRESCENTE EM UM SENTIDO
8		DIAMETRO RETO OU ESCALONADO COM CONE E/OU CURVA
9	OUTRAS FORMAS INTERNAS E/OU SECAO INTERNA NAO CIRCULAR	

**CAMPO 3**  
**SUB-CAMPO 3.1**

**FORMA GEOMETRICA PECAS ROTACIONAIS**  
**(MECANICO)**

SUB DIGITOS	DIGITO 13 ELEMENTOS DE FORMA INTERNA
0	SEM ELEMENTOS
1	RASGOS LONGITUDINAIS E/OU REBAIXOS
2	CANALIS CIRCULARES
3	DENTES
4	1 + 2
5	1 + 3
6	2 + 3
7	1 + 2 + 3
8	SUPERFICIES SEGMENTADAS
9	8 + 2

## CAMPO 4

### TOLERANCIAS E RUGOSIDADES

SUB DIGITOS	DIGITO 14 TIPOS DE TOLERANCIAS
0	SEM TOLERANCIA FECHADA
1	TOLERANCIA DE EIXO
2	TOLERANCIA DE FURO
3	TOLERANCIA DE DIMENSOES LINEARES E ANGULARES
4	TOLERANCIA DE POSICAO ENTRE FURDS
5	TOLERANCIA DE SUPERFICIE ROSCADA
6	TOLERANCIA DE FORMA
7	TOLERANCIA DE POSICAO
8	
9	

# CAMPO 4

## TOLERANCIAS E RUGOSIDADES

SUB DÍGITOS	DÍGITO 15 FAIXAS DAS TOLERÂNCIAS	
0	SEM TOLERANCIA FECHADA	
1	D I N - 7 1 5 0	IT9 E ACIMA
2		IT8 A IT6
3		IT5 E ABAIXO
4	D I N - 7 1 6 8	GRAU GROSSO
5		GRAU MEDIO
6		GRAU FINO
7	D I N - 7 1 8 4	0.1 E ACIMA
8		0.1 A 0.05
9		0.05 E ABAIXO



## CAMPO 4

## TOLERANCIAS E RUGOSIDADES

SUB DÍGITOS	DÍGITO 16 RUGOSIDADES	
Ø	SEM RUGOSIDADES APERTADAS	
1	E I X O	$Rz > 16$
2		$16 \geq Rz > 4$
3		$4 \geq Rz$
4	F U R O	$Rz > 16$
5		$16 \geq Rz > 4$
6		$4 \geq Rz$
7	S U P E R F. P L A N A	$Rz > 16$
8		$16 \geq Rz > 4$
9		$4 \geq Rz$

## CAMPO 5

### TIPOS DE MATERIAIS

SUB DÍGITOS	DÍGITO 17 MATERIAL
0	ACOS
1	ACOS
2	FERROS FUNDIDOS
3	COBRE E SUAS LIGAS
4	METAIS LEVES
5	OUTROS METAIS
6	NAO METAIS
7	
8	
9	

## CAMPO 5

### TIPOS DE MATERIAIS

DIGITO 17=0

SUB DIGITOS	DIGITO 18 MATERIAL ESPECIFICO
0	FUNDIDO (GS)
1	BAIXO CARBONO (1010/1020)
2	MEDIO CARBONO (1030/1045)
3	ALTO CARBONO (1060/E ACIMA)
4	
5	
6	
7	
8	
9	

## CAMPO 5

### TIPOS DE MATERIAIS

DIGITO 17 = 1

SUB DÍGITOS	DIGITO 18 MATERIAL ESPECÍFICO
0	INOX AUSTENÍTICO
1	INOX MARTENSÍTICO
2	BENEFICIADO
3	CEMENTAÇÃO
4	NITRETAÇÃO
5	PARA MOLA
6	PARA FERRAMENTA
7	PARA TUBO
8	
9	OUTROS

## CAMPO 5

### TIPOS DE MATERIAIS

DIGITO 17 = 2

SUB DÍGITOS	DIGITO 18 MATERIAL ESPECÍFICO
0	CINZENTO (GG ou FC)
1	NODULAR (GGG)
2	COQUILHADO (GH)
3	MALEAVEL (GT)
4	MALEAVEL DE NÚCLEO PRETO (GTS)
5	MALEAVEL DE NÚCLEO BRANCO (GTW)
6	
7	
8	
9	OUTROS

## CAMPO 5

### TIPOS DE MATERIAIS

SUB-DIGITO 17 = 3

SUB DIGITOS	DIGITO 18 MATERIAL ESPECIFICO
0	BRONZE
1	COBRE
2	LATAO
3	BRONZE FUNDIDO
4	BRONZE SINTERIZADO
5	COBRE FUNDIDO
6	
7	
8	
9	OUTROS

## CAMPO 5

### TIPOS DE MATERIAIS

SUB-DIGITO 17 = 4

SUB DIGITOS	DIGITO 18 MATERIAL ESPECIFICO
0	ALUMINIO
1	ALUMINIO FUNDIDO
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	OUTROS

## CAMPO 5

### TIPOS DE MATERIAIS

SUB-DIGITO 17 = 6

SUB DIGITOS	DIGITO 18 MATERIAL ESPECIFICO
0	NYLON
1	BAQUELITE
2	PAPELAO HIDRAULICO (S.1212)
3	BORRACHA NATURAL
4	BORRACHA NITRILICA
5	
6	
7	
8	
9	OUTROS